
SIMULOINTI

LIIKENNESUUNNITTELUPROJEKTISSA

CASE: LAPPEENRANTA, LEIRI



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2013

Mikko Yli-Kauhaluoma



RIIHIMÄKI

Liikennealan koulutusohjelma

Liikennesuunnittelu

Tekijä

Mikko Yli-Kauhaluoma

Vuosi 2013

Työn nimi

Simulointi liikennesuunnitteluprojektissa

TIIVISTELMÄ

Työn taustalla on Lappeenrannan kaupungin tilauksesta ja Trafix Oy:n toimesta tehty Lappeenrannan Leirin kaupunginosan liikenteen toimivuustarkastelu. Alueelle suunnitellaan runsaasti uutta maankäyttöä. Nykyisen sekä Lappeenrannan kaupungin tekemän viitesuunnitelman mukaisen katuverkon toimivuutta tarkasteltiin simuloimalla ja saatujen tulosten pohjalta laadittiin myös katusuunnittelmatason piirustukset. Havainnoista raportoitui tilaajalle. Lähtökohtana käytettiin Lappeenrannan kaupungin vuonna 2009 tilaamaa ja Trafix Oy:n tuottamaa Leirin kaupunginosan maankäyttösuunnitelmaan liittyvää toimivuustarkastelua (Liite 1).

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia simuloinnin merkitystä ja käyttöä liikennesuunnitteluprojektin osana. Työssä perehdyttiin erilaisiin välityskykyä mittaaviin malleihin sekä simulointiohjelmiin ja tutkittiin niiden eroavaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia erilaisissa suunnittelukohteissa. Päähuomio kohdistui työhön sisältyvässä CASE-kohteessa, Lappeenrannan Leirin kaupunginosan toimivuustarkastelussa, käytettyyn Paramics 6.9.2 -mikrosimulointiohjelmaan. Työn teoriaosuuden rakentamisessa käytettiin lähteinä Liikenneviraston, Tiehallinnon sekä Ympäristöministeriön julkaisemia selvityksiä, joissa on käsitelty mm. pohjoismaisia välityskykykäytäntöjä sekä palvelutason määrittämistä. Työn ohjaajina Trafix Oy:ssä toimineet AMK ins. Juho Kero ja DI Riku Nevala toivat laaja-alaista asiantuntemusta liikennesuunnittelun ja liikenteen simuloinnin käytäntöihin. Nevala on toiminut myös asiantuntijana osassa lähdemateriaaleina toimineista julkaisuista.

Simulointien avulla katuverkon ongelmakohdat ja puutteet havaittiin tarkasti ja liikennesuunnittelutyöhön saatiin tärkeää tietoa tarvittavien toimenpiteiden kohdistamisesta ja mitoittamisesta katuverkolla. Jatkuvasti kasvava kysyntä simuloinnin liittämisestä mukaan liikennesuunnitteluprosessiin osoittaa jo itsessäänkin käytännön olevan toimiva. Simulointiohjelmien yhteensovittamisessa, esimerkiksi katusuunnittelussa käytettyyn AutoCAD-ohjelmaan, on kuitenkin vielä runsaasti kehitettävää.

Avainsanat Simulointi, mallinnus, toimivuustarkastelu, katusuunnittelu.

Sivut

37 s. + liitteet 6 s.

RIIHIMÄKI

Degree Programme in Traffic and Transportation Management
Traffic Design

Author

Mikko Yli-Kauhaluoma **Year** 2013

Subject of Bachelor's thesis

Simulation in a traffic designing project

ABSTRACT

The origins of this thesis trace back to 2009 when the city of Lappeenranta assigned Trafix Ltd. to produce a traffic functionality analysis concerning the land usage plans in the Leiri district (Appendices 1). In 2009 the plans included a shopping centre of 40 000 square meters which has since been increased to three shopping centres with a total area of 120 000 square meters. This planned growth in land usage also demanded a new analysis in the sufficiency of the surrounding road network. The city of Lappeenranta had already made preliminary plans concerning the structure of the roads in the district and they were used as a baseline during the new analysis.

The goal of this thesis was to understand the meaning and the significance of using simulation as a part of a traffic and road designing project. To achieve this different capacity models and simulation programs were studied and their applicability was reflected in various project types. The main focus was on the microscopic simulation program Paramics which was used in the CASE-study for the Leiri district. The theory applied in the thesis consists of publications from the Finnish Transport Agency, the Finnish Road Administration and the Ministry of the Environment. The publications include different methods for measuring road capacity and various ways of defining the Level of Service in Finland and other countries in Northern Europe. As directors of the thesis from Trafix Ltd. Juho Kero (B.Sc.) and Riku Nevala (M.Sc.) provided a lot of expertise in traffic planning as well as in traffic simulation. Nevala has also taken part in some of the publications used as a reference in this thesis as a consultant.

With the aid of traffic simulation, it was possible to get a lot of precise information about possible congestion and deficiencies in the analysed area. Important information was also obtained on the locations and the extent of the necessary changes in the transport network. The demand for simulating the traffic network before taking the next step in the planning process is increasing rapidly. This demand, in itself, is proof that the method works, even though the compatibility of the simulation programs and different CAD-programs needs development.

Keywords Simulation, modeling, capacity

Pages 37 s. + appendices 6 .s

TERMIT JA LYHENTEET

HCM – Highway Capacity Manual

Yhdysvalloissa kehitetty liikenteen palvelutason ja välityskyvyn määrittelyn käsikirja.

LOS – Level Of Service (palvelutaso)

LOS:lla kuvataan tarkastelualueen liikenteellistä palvelutasoa. HCM:n määrittelemän asteikon tasot A-F kuvaavat liikenteen toimivuutta siten, että A kuvastaa erittäin hyvin sujuvaa liikennettä, jonka jälkeen taso laskee portaittain tasoon F, jolloin tien välityskyky ei enää riitä ja liikenne ruuhkautuu.

Liikenteen huipputunti

Huipputunti tarkoittaa sitä vuorokauden tuntia, jolloin liikenne on vilkkainta. Määrittely tapahtuu aina kohteen mukaan (yleisimmin huipputuntina käytetään aamun tai iltapäivän ruuhkaisinta tuntia).

Käyttösuhde

Käyttösuhteella tarkoitetaan liikenteen kysynnän ja välityskyvyn osamäärää. Kysyntä on se liikennemäärä, joka alueella vallitsisi, jos ruuhkautuminen eliminoidaisiin laskennoista kokonaan.

Välityskyky

Välityskyky tarkoittaa suurinta ajoneuvomäärää, jonka kyseinen tieosuus kykenee välittämään vallitsevissa tie-, liikenne-, sää- ja keliolosuhteissa tietyssä ajassa.

Kerrosala (k-m²)

Rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala neliömetreinä. Lasketaan yleensä kokonaislattiapinta-alana ulkoseinien ulkopintaa myöten.

Matkatuotos

Kohteeseen suuntautuvien matkojen määrä. Lasketaan sekä tulo- että menomatkan tekevien kävijöiden määränä.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	VÄLITYSKYVYN ARVIOINTIMENETELMIÄ JA MALLEJA	5
2.1	Mallinnusmenetelmiä	5
2.2	Välityskyvyn arviointimenetelmiä eri maissa	6
2.2.1	Eurooppa ja Skandinaavia	6
2.2.2	Suomessa käytössä olevia ohjelmia.....	7
3	LIIKENTEEN MIKROSIMULOINTI	8
3.1	Osamallit ja yleisiä parametreja	8
3.2	Paramicsin ajoneuvoja ja kuljettajia koskevat parametrit.	10
3.3	Mikrosimulointiohjelmien esittely	10
3.3.1	Synchro.....	11
3.3.2	Paramics ja VISSIM	13
4	SIMULOINTI SUUNNITTELUN APUVÄLINEENÄ	13
4.1	Yleisennusteet ja kysyntämallit.....	13
4.2	Lähtötietotarpeet.....	15
4.2.1	Mallien laadinta	18
4.2.2	Uuden verkon perusarvojen määrittely	18
4.2.3	Verkon rakentaminen	19
5	CASE-LAPPEENRANNAN LEIRI.....	23
5.1	Lähtökohdat ja aiemmat suunnitelmat	23
5.2	Tarvittavat toimenpiteet ja tarkastelualueen ongelmakohdat kaupungin viitesuunnitelmassa.....	25
5.3	Toimenpide-esitykset kaupungin viitesuunnitelman kehittämiseksi.....	27
5.4	Liikenteen toimivuus, iltahuipputunti 2030	29
6	SIMULOINNISTA KATUSUUNNITTELUUN	31
6.1	Simolantien turbo-kiertoliittymä	33
6.2	Lavolankadun järjestelyt	34
6.3	Kivenkatu	35
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	LÄHTEET	37

Liite 1 Lappeenrannan kauppakeskus (Toimivuustarkastelu 1.4.2009)

1 JOHDANTO

Liikenteen mallintamisen ja sen simuloinnin lähtökohtaisena tarkoituksena on luoda kuva suunniteltavan kohteen liikenteellisestä toimivuudesta ennen konkreettisiin toimenpiteisiin ryhtymistä riskien havaitsemiseksi ja kustannusten minimoimiseksi. Liikenteen simulointia käytetään tutkittaessa nykyisten ja suunnitteilla olevien katuverkkojen ja tieosuuksien toimivuutta sekä paikallistamaan suunniteltujen muutostöiden vaikutuksia ja ongelmakohtia. Tarkasteltavasta alueesta luodaan tietokonemalli, johon syötetään lähtötiedoiksi liikennemääriä ja liikenteen suuntautumista kuvaavia tietoja maankäytön mukaan sekä erilaisia katuverkkoa kuvaavia parametreja, joiden avulla ohjelma simuloi alueen liikenteellistä toimivuutta. Eri tarkkuustason ja kokoluokan simuloinneille on olemassa omat ohjelmansa, jotka voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan: makro-, meso- ja mikroskooppisen tason simulointiohjelmiin.

Liikenteen simulointi on tärkeä osa hyvää ja ennen kaikkea kestäväää liikennesuunnittelua. Tarkastelualueen simulointi voidaan tehdä jo suunnitteluprosessin varhaisessa vaiheessa sellaisessa tilanteessa, jossa itse rakennusurakan aloitus saattaa olla hyvinkin kaukana tulevaisuudessa. Se, että tulevaisuudessa vallitsevasta tilanteesta saadaan tietokonemallin avulla realistinen ja selkeä kuva jo suunnitteluvaiheessa, voi olla korvaamaton apu isoissa projekteissa. Kyse on ennen kaikkea kustannustehokkaasta suunnittelusta ja rakentamisesta, koska simulointimallin tuottamisesta aiheutuvat kustannukset ovat vain murto-osa siitä, mitä jälkikäteen suoritettava muutos- tai laajennusrakentaminen voi aiheuttaa.

2 VÄLITYSKYVYN ARVIOINTIMENETELMIÄ JA MALLEJA

2.1 Mallinnusmenetelmiä

Makrotason simulointi perustuu välityskyymalleihin, jotka tarkastelevat liikennettä yhtenäisenä virtauksena ottamatta kantaa yksittäisten ajoneuvojen liikkeisiin. Vaikuttavina tekijöinä ovat mm. ajoneuvomäärä ja -tiheys sekä liikenteelliset olosuhteet, kuten kaistamäärät ja geometria.

Mesoskooppisen tason malli on mikro- ja makroskooppisen mallin välimuoto. Malli on muuten hyvin makroskooppisen mallin kaltainen, mutta sillä voidaan kuvata myös yksittäisiä ajoneuvoja tai ajoneuvoluokkia. Ajoneuvojen keskinäisiä vuorovaikutuksia mesoskooppisella mallilla ei kuitenkaan pysty simuloimaan.

Mikrosimulointiohjelmissa pystytään luomaan realistinen ja havainnollinen kuvaus tarkasteltavan kohteen liikenteestä huomioimalla jokaisen ajoneuvon liikkuminen verkolla. Ajoneuvot reagoivat toisiin tienkäyttäjiin sekä ympäristön asettamiin haasteisiin ja tuloksena saadaan yksityiskohtaista tietoa matka-ajoista, viivytyksistä, reittivalinnoista sekä verkon ja sen osien välityskyvystä. Myös joukkoliikenteen reitit aikatauluineen sekä kevyenliikenteen käyttäjät voidaan sisällyttää simulointiin. Malleilla voidaan

kuvata liikennetilannetta yksittäisistä liittymistä kokonaisiin kaupunkeihin. (Liikennevirasto 2012, 10).

2.2 Välityskyvyn arviointimenetelmiä eri maissa

Liikenneväylien ja liittymien toimivuutta voidaan mitata monella tavalla, mutta yleisin perustuu Yhdysvalloissa kehitettyyn Highway Capacity Manual (HCM) -julkaisuun. Highway Research Boardin (HRB) asettaman työryhmän tutkimusten perusteella julkaistun HCM:n ensimmäinen versio ilmestyi jo vuonna 1950 ja uusin versio on vuodelta 2010 (HCM2010). Työryhmän alkuperäinen tarkoitus oli luoda erilaisten tiejärjestelmien kapasiteetin arvioimista helpottava opas liikennealan ammattilaisten käyttöön. Myöhemmin HCM on päivitetty useaan kertaan ja siitä on tullut standardi moottoriväylien kapasiteetin laskennassa Yhdysvalloissa sekä sovellettuna myös monissa muissa maissa, mm. Suomessa. Vuoden 1965 versiossa esitelty palvelutasoluokkiin (Level Of Service, LOS) A-F perustuva laskentatapa on mukana monissa tämän päivän simulointiohjelmissa. Luokittelussa palvelutaso A vastaa erittäin hyvää tilannetta, jonka jälkeen taso laskee portaittain asteikon edetessä ja F-taso kuvaa ruuhkautunutta tilannetta, jossa tienkäyttäjien määrä ylittää välityskyvyn. (Tiehallinto 2003, 15–19.)

2.2.1 Eurooppa ja Skandinavia

Monilla mailla on käytössään erilaisia menetelmiä palvelutason mittaamiseen ja määrittävinä tekijöinä ovat usein omiin tutkimuksiin pohjautuvat tiedot. Tiehallinnon selvityksessä ”Tieliikenteen palvelutason määrittäminen” vuodelta 2007 on tarkasteltu Suomen, Ruotsin, Norjan, Tanskan, Saksan, Sveitsin, Alankomaiden ja Englannin käytäntöjä palvelutason määrittämisessä.

Selvityksen mukaan kaikissa em. maissa palvelutasoluokkia ja tapaa, jolla ne lasketaan ja luokitellaan, on muokattu kuvaamaan paremmin vallitsevia olosuhteita ja ympäristöä. Esimerkiksi Englannissa toimivuustarkastelut perustuvat täysin omiin tutkimuksiin ja niiden pohjalta luotuihin suunnittelunormeihin. Saksassa puolestaan on käytössä oma välityskykykäsikirja Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, HBS, jonka uusin päivitysversio on vuodelta 2009. Suomessa käytettävät menetelmät palvelutason ja välityskyvyn määrittelyyn pohjautuvat HCM:n mukaisiin ohjeisiin.

Ruotsissa teiden ja katujen suunnitteluohjeiden mitoitusperiaatteisiin on sisällytetty erilaisia palvelutasoa ja sujuvuutta koskevia vaatimuksia. Esimerkiksi tiesuunnittelussa mitoittavana tuntina käytetään normaalin arkipäivän huipputuntia, ja jotta tien standardi pysyisi hyvänä, tiettyjen arvojen tulee täytyä. Tällaisia arvoja ovat esimerkiksi keskimääräinen matkanopeus, joka ei saa alittaa tien mitoitusnopeutta enempää kuin 10 km/h. Lisäksi käyttösuhteen tulee pysyä alle 0,8:ssa. Myös merkittäville juhlapyhille on asetettu vastaavasti maksimikäyttösuhdearvo, joka on 1,0. Mitoittavina tunteina on normaalin arkipäivän osalta vuoden 200. kuormite-

tuin tunti ja juhlapyhien osalta 30. kuormitetuin. Liittymien osalta käytösuhde ei saisi missään tapauksessa ylittää 0,8:aa. Liikenteen sujuvuuden kehittymistä tarkkaillaan vuosittain tehtävillä pistemittauksilla.

Ruotsissa palvelutasokäsitteiden perustana eivät ole HCM:n mukaiset palvelutasoluokat, vaan erilaiset väylien ja liittymien toimivuutta kuvaavat tunnusluvut. HCM on käytössä vain poikkeustapauksissa, kuten monimutkaisissa liikenneympäristöissä. Normaalisti tieosuuksilla palvelutaso määritellään EVA-ohjelmistolla, jonka lähtötietoina ovat vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne eri ajoneuvotyyppien osalta, tien kausivaihtelutyyppi, tien pituus ja tietyyppin tunnusluvut. Tunnuslukuihin kuuluvat tietyyppi, mitoitusnopeus, tieympäristö, toiminnallinen luokka, leveys ja kaistojen määrä sekä esimerkiksi päällyste. EVA:lla lasketaan ja arvioidaan myös tieinvestointien vaikutuksia.

Liittymissä palvelutaso määritellään CAPCAL-ohjelmistolla. CAPCALin laskentatapa perustuu TV131:een, joka on ruotsissa kehitetty välityskyvyn laskentamenetelmä. Lähtötietoarvoina CAPCAL tarvitsee liittymän geometriatietojen lisäksi nopeusrajoituksen, liikennemäärät sekä raskaan liikenteen osuuden kokonaisliikennemäärästä. Valo-ohjatuissa liittymissä lähtötietona tarvitaan myös liikennevalojen vaihejako- ja ajoitustiedot. Lopputuloksena saadaan kaistakohtaista tietoa liikennemääristä ja välityskyvystä sekä tätä kautta myös käyttösuhteesta. Muita tunnuslukuja ovat jononpituudet sekä keskimääräisenä arvona että arvona, joka alittuu 90 % ajasta. Viivytykset lasketaan väistämisvelvollisuudesta ja geometriasta johtuvina ilmiöinä. Myös pysähtymään joutuvien osuus kaikista ajoneuvoista on mukana saaduissa tuloksissa.

Tanskassa on käytössä HCM-menetelmään perustuva välityskyvyn ja palvelutason määrittelyn käsikirja, jota on kuitenkin muokattu vastaamaan tanskalaisia olosuhteita. Toisin kuin HCM:ssa, tanskalaisessa käsikirjassa liittymillä ei ole palvelutasoluokkia. Liittymien toimintaa tarkastellaan välityskyvyn, viivytyksen ja jononpituuksien kautta määrittämättä liittymälle yhtä tiettyä palvelutasoa. Käsikirjan kehitystyö on ollut hyvin käyttäjälähtöistä ja asetetut tavoitearvot perustuvatkin tienkäyttäjien toiveisiin liikenteen sujuvuudesta ja vapaudesta. Ohjelmistona Tanskassa on käytössä käsikirjan malleihin ja parametreihin perustuva DanCap.

Teitä mitoitettaessa käytetään yleensä vuoden 30. vilkkainta tuntia ja tavoitteena on, että käytösuhde ei ylitä 0,7:ää. Tämän arvon ylittyessä, tutkimusten mukaan, tienkäyttäjien vapaus valita ajonopeutensa ja -kaistansa laskee voimakkaasti. Arvon ylittävien tuntien osuus koko vuoden tunneista on merkittävin sujuvuuden mittari vuosittain julkaistavassa ”Statsvejnettet”-raportissa. (Liikennevirasto 2012, 11–25; Tiehallinto 2007, 11–45, 56.)

2.2.2 Suomessa käytössä olevia ohjelmia

Valtaosa Suomessa tehtävistä liikenteen simulointimallinnuksista teetetään suunnittelutoimistoilla. Ainoastaan joitain pieniä tarkasteluja tehdään tilaajapuolella itse, mutta resurssipulan vuoksi tarkastelut usein tilataan ul-

kopuolisilta toimijoilta. Liikenneviraston selvityksestä (Liikennevirasto 2012) käy ilmi, että puolella tilaajista ei ole simulointiohjelmia lainkaan käytössään ja lopuilla vain joitain ohjelmia. Kehitystyötä ei myöskään juuri tehdä, vaikka myös tilaajapuolelta tulee löytyä asiantuntemusta ymmärtää ja tulkita simuloinnin tuloksia. Yleisimmät tilaajilla käytössä olevat ohjelmat ovat Synchro ja EMME, joilla pystytään helposti tekemään nopeita tarkasteluja. Myös suunnittelijoiden yleisimmin käyttämä makrotason simulointiohjelma on EMME. Helsingin kaupungilla VISSIM on käytössä kaikissa joukkoliikenteen simulointitehtävissä.

Vaativampien kohteiden ollessa kyseessä käännetään usein suunnittelu-toimistojen puoleen, joilta myös yleensä löytyvät tarkoituksenmukaisemmat ohjelmistot. Synchro, Paramics ja VISSIM ovat yleisimmät suunnittelijoiden käytössä olevat tieliikenteen mikrosimulointiohjelmat. Rautatie-, metro- ja raitiovaunuliikenteen simuloinnissa käytetään OpenTrack-ohjelmaa. (Liikennevirasto 2012, 11–18.)

3 LIIKENTEEN MIKROSIMULOINTI

3.1 Osamallit ja yleisiä parametreja

Mikrosimulointi perustuu erilaisten osamallien yhdistelmään, joilla käytettävä ohjelma mallintaa verkolla liikkuvien ajoneuvojen ja jalankulkijoiden käyttäytymistä, vuorovaikutusta sekä reitin valintaa. Ajoneuvon liikkua verkolla se kohtaa erilaisia linkkejä ja liittymiä kuvaavia parametreja ja toimii niiden mukaan. Myös ajoneuvojen kuljettajille voidaan antaa ajokäyttäytymiseen vaikuttavia arvoja, jotka muuttavat kuljettajan tapaa toimia ja reagoida vaihteleviin tilanteisiin liikenteessä. Tämä on erittäin oleellista, kun mikrosimulointiohjelmaa kalibroidaan kuvaamaan maakoh- taisia ajoneuvokantoja ja kuljettajakäyttäytymisiä.

Erilaisia osamalleja ovat mm. nopeus, kaistan vaihdot, reitin valinta, väis- tämisvelvollisuudet ja liittymien valo-ohjaus, näkemäalueet sekä kuljetta- jien aggressiivisuus ja reagointinopeus.

Seuraavassa on esitelty muutamia Paramics-mikrosimulointiohjelman yleisiä parametreja. Paramicsin Time Steps -arvo määrää, kuinka monta kertaa sekunnissa malli päivittyy. Päivityksessä ajoneuvojen sijainti, liike- tila ja liikenteen ohjauksen tila tarkistetaan. Dynamic Assingment - toiminto päivittyy Time Steps -arvon mukaisesti ja verkolla liikkuvien ajoneuvojen kuljettajat tekevät jonkin reitinvalintaan vaikuttavan päätök- sen, kuten esimerkiksi kaistanvaihdon.

Queue Gap Distance -parametri määrittää minkä ajoneuvojen etäisyyttä kuvaavan arvon ylittyessä ohjelma ei enää katso kyseisen ajoneuvon ole- van jonossa. Vastaavasti Queuing Speed -parametri määrää nopeuden, jonka jälkeen ajoneuvon ei katsota enää olevan jonossa. On olemassa myös erilaisia säätöjä kuljettajien käyttäytymiseen, joiden muuttaminen saattaa vaikuttaa olennaisesti mallinnettavan verkon simulointituloksiin. Esimerkiksi kuljettajien reaktioaikaan vaikuttava Mean Driver Reaction

Time -arvoa muuttamalla ajoneuvot pystyvät ajamaan lähempänä toisiaan sekä reagoimaan nopeammin muuttuviin tilanteisiin. Arvon muuttaminen saattaa olla perusteltua alueilla, joiden voidaan olettaa olevan kuljettajille entuudestaan tuttuja ja näkemäalueet ovat hyvät. Tosielämässä kuljettajien ajotaidot ja -kokemus, ikäryhmät, seututuntemus ja monet muut seikat ovat niin suuria vaikuttavia tekijöitä, että reaktioajan totuudenmukainen muuttaminen on erittäin haasteellista. (Liikennevirasto 2012, 29–30.)

Linkeille voidaan asettaa niiden geometriaa ja alueen infrastruktuuria kuvaavia arvoja, joiden avulla voidaan vaikuttaa muun muassa katuosuuksien houkuttelevuuteen kuljettajan näkökulmasta ja tätä kautta myös reitinvalintaan. Cost factor -parametrin oletusarvo on 1 ja arvoa nostamalla autoilijat pyrkivät välttämään kyseistä katuosuutta. Arvon tuplaaminen kahteen ohjaa käytännössä kaikki autot vaihtoehtoisille reiteille. Jo pienetkin muutokset aiheuttavat selkeästi havaittavia muutoksia reittivalintoihin. Cost factor -arvo on hyödyllinen työkalu tilanteissa, joissa runsaasti ajoneuvoja pyrkii samaan paikkaan ja valittavana on esimerkiksi kaksi reittiä. Lähtökohtaisesti suurin osa valitsee reitin, joka on lyhyempi ja vaikuttaa suoraviivaisemmalta, vaikka kyseinen reitti ruuhkautuisikin nopeasti. Todellisuudessa autoilijoiden voidaan olettaa olevan tietoisia lyhyemmän reitin ongelmista ja valitsevan mieluummin hieman pidemmän reitin sujuvan matkanteon varmistamiseksi. Tämän kaltaisia tilanteita syntyy simuloinnissa helposti etenkin, jos mallinnetaan kohdetta, joka vetää runsaasti autoilijoita. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi suuret kauppakeskukset ja suurkaupan keskittymät.

CASE-kohteen mallinnuksessa joitain osamalleja jätettiin perusarvoonsa ja joitain muokattiin runsaastikin. Perusarvoonsa jätettiin edellä mainituista kuljettajien käyttäytymistä käsittelevät mallit sekä näkemäalueet. Kohteen kaltaisessa selkeässä ja hyvin suoraviivaisessa taajamaympäristössä ei koettu tarpeelliseksi tehdä muutoksia ajoneuvojen käyttäytymisiin ja näkemäalueiden todettiin olevan riittävät olemassa olevalla katuverkolla. Rakennettavilla alueilla alueiden riittävyys tulee kuitenkin huomioida ja tarkistaa vielä rakennusvaiheessa. Sen sijaan nopeudet asetettiin kullekin katuosuudelle vastaamaan nykytilannetta eikä tulevaisuudessa tehtävien toimenpiteiden todettu vaikuttavan nopeusrajoituksiin. Väistämisvelvollisuudet asetettiin valo-ohjaamattomiin liittymiin pääsuuntien mukaan ja valo-ohjatuissa vaiheita säädettiin sujuvan liikenteen näkökulmasta. Nykyisiä valo-ohjauksen vaihejakoa ei suunnittelussa ollut käytössä, joten vaiheet luotiin itse. Kauppakeskuksista poistuvalla liikenteelle pyrittiin myös luomaan vihreä aalto etenkin Lavolankadulle suuren liikennemäärän kuljettamiseksi nopeasti ja sujuvasti pois alueelta. Simolantie, Ratakatu, Lavolankatu -turbokiertoliittymässä myös reitinvalintaa ja kaistanvaihtoja jouduttiin säätämään hyvin tarkasti realistisen liikennetilanteen saavuttamiseksi.

CASE-kohteessa Cost factor -arvoa muuttamalla saatiin Simolantien, Lavolankadun ja Ratakadun yhdistävän turbokiertoliittymän liikenne jakautumaan totuudenmukaisemmin. Aluksi liittymään Simolantietä vt6:n suunnasta ja Ratakatua idän suunnasta saapuva liikenne suuntautui käytännössä täysin Leirin kauppakeskuksen Opintiellä sijaitsevaan idänpuo-

leiseen sisäänkäyntiin. Reitillä sijaitsee helposti ruuhkautuva monikaistainen valo-ohjattu liittymä ja matkallisesti reitti on läntiseen sisäänkäyntiin verrattuna vain hieman lyhyempi. Itäisen sisäänajolinkin Cost factor -arvoa nostamalla liikenne saatiin jakautumaan huomattavasti realistisemmin eli n.60/40 suhteessa alun 90/10 sijaan.

3.2 Paramicsin ajoneuvoja ja kuljettajia koskevat parametrit.

Vilkkaasti liikennöidyissä taajamissa ja alueilla, joilla kuljettajien voidaan olettaa tottuneen jatkuviin pysähdyksiin ja ruuhkiin, myös ajoneuvojen toisiinsa pitämää etäisyyttä on mahdollista säätää. Kahden peräkkäisen liikkeessä olevan auton väliseen etäisyyteen vaikuttaa keskimääräinen seuranta-aikaväli, Mean Target Headway. Arvoa nostamalla kuljettajat pyrkivät ajamaan mahdollisimman lähellä toisiaan, kuten ruuhkaisilla taajama-alueilla voidaan olettaa tapahtuvan. Taajaman ulkopuolella vähäisemmän liikenteen vuoksi kuljettajat jättävät enemmän etäisyyttä edellä ajavaan ajoneuvoon ja myös seuranta-aikaväli voidaan säilyttää alhaisena. Vastavasti pysähtymistilanteessa ajoneuvojen välinen minimietäisyys pienenee Minimum Gap -arvoa laskemalla, jolloin ajoneuvojen kuljettajat pyrkivät pitämään jonon mahdollisimman tiiviinä. Helposti ruuhkautuvien liittymien ja linkkien välityskykyä voidaan parantaa näitä arvoja muuttamalla.

Eri ajoneuvotyypeille voidaan määrittää mittoja, mikä on tärkeää kalibroitaessa ohjelmaa vastaamaan paikallista autokantaa. Myös kunkin ajoneuvotyypin kiihtyvyys-, hidastuvuus- ja nopeusarvoja voidaan muokata, minkä lisäksi raskailla ajoneuvoilla katugeometrian pystykaltevuudet vaikuttavat ajonopeuksiin ja kiihtyvyyteen. Kuljettajien ajokäyttäytymiseen vaikuttavat aggressiivisuus- ja tietoisuusarvot saavat puolestaan satunnaisen lukuarvon väliltä 0-8. Ohjelma määrittää tämän arvon kullekin kuljettajalle niiden generointivaiheessa ja käyttäjä voi itse määritellä jakauman, mutta kuljettajakohtaisia arvoja ei voi määrittää suoraan ohjelmasta. Toiminto on automatisoitu satunnaisuuden säilyttämiseksi. Arvot vaikuttavat muun muassa kaistanvaihtohalukkuuteen ja huippunopeuteen.

Kuten todettua, kuljettajien ajokäyttäytymiseen vaikuttavien tekijöiden realistinen mallintaminen on hyvin vaikeaa ja tulokset saattavat antaa todellisesta tilanteesta vääristyneen kuvan, jos parametreja muutetaan harkitsemattomasti. CASE-kohteen mallinnuksessa ajoneuvojen käyttäytymiseen vaikuttavia arvoja ei säädetty, vaan arvot jätettiin oletuslukemiinsa.

Paramicsin kehittäjä Quadstone suosittelee säilyttämään oletusarvot tärkeimpien ajoneuvoja koskevien parametrien osalta eikä myöskään luovuta Paramicsin sisäisistä ajoneuvomalleista tarkempia tietoja liikesalaisuuteen vedoten. (Liikennevirasto 2012, 29–30.)

3.3 Mikrosimulointiohjelmien esittely

Projektiin sopivan simulointiohjelman valinta lähtee liikkeelle tarkasteltavaan alueeseen perehtymisellä sekä työn tavoitteet ja tilaajan tarpeet huo-

mioon ottaen. Joskus tilaaja määrittelee jo tarjouspyyntövaiheessa, mitä ohjelmistoja projektissa tulee käyttää.

Suuria maankäytöllisiä muutoksia tai uusia tieosuuksia sisältävien projektien tarkasteluissa käytetään lähtökohtaisesti EMME-ohjelmaa, jota käytetään myös tarkemman tason simulointien taustalla ja lähtötietojen käsittelyssä. Liikenteen suuntautumisia ja tiekohtaisia määriä saatetaan aluksi tarkastella EMMEllä, minkä jälkeen tiedot tuodaan matriisimuodossa mikrosimulointiohjelmaan, jolla alueen yksityiskohtaisempi tarkastelu tehdään. Myös pitkän aikavälin liikenteellistä kehitystä simuloidaan EMMEllä.

3.3.1 Synchro

Mikrosimulointiohjelmista Synchrolla tehdään paljon yksittäisten valo-ohjattujen liittymien tarkasteluja ja valo-ohjaussuunnittelua, mutta myös suurempien katuverkkojen tarkasteluja. Ohjelmalla on mahdollista simuloida myös valo-ohjaamattomia liittymiä, kuten esimerkiksi kiertoliittymiä, mutta pääasiassa käyttö kohdistuu nimenomaan valo-ohjauksen suunnitteluun ja simulointiin. Synchro on parhaimmillaan nopeiden tarkastelujen suorittamisessa esimerkiksi tilanteessa, jossa liikennesuunnitteluratkaisuja halutaan saada helposti testattua.

Esimerkkitapauksena Vantaan Martinlaaksossa sijaitseva valo-ohjaamaton liittymä, jonka välityskyky oli käynyt riittämättömäksi. Kuvassa 1 on esitettyä pohjakartan päälle Synchrolla mallinnettu nykytilannetta kuvaava katuverkko. Simuloinnilla haluttiin selvittää yksi- tai kaksikaistaisen kiertoliittymän vaikutusta katuverkon välityskykyyn.



Kuva 1. Synchrolla ilmakuvan päälle mallinnettu valo-ohjaamaton liittymä Vantaan Martinlaaksossa.

Vantaan kaupunki toimitti lähtötietoina käytetyt liikennemäärät Martinlaaksontien ja Raappavuorentien osalta. Määrät perustuivat liikennevalosilmukoiden laskentatietoihin kokonaisvuorokausiliikenteestä. Kääntyvistä liikennemääristä ei ollut saatavilla tarkkaa tietoa, sillä laskentasilmukat eivät sijainneet liittymässä. Kääntyvät liikennemäärät laskettiin vastaanottavien suuntien silmukoiden laskentatietoihin suhteutettuna. Raappavuorenreunan osalta liikennemäärät ovat arvioita kadun varrella sijaitsevien pysäköintialueiden autopaikkamääriin perustuen. Kaikille suunnille liikenteen huipputunnin laskemiseksi on käytetty 15 %:n osuutta kokonaisvuorokausiliikennemäärästä. Raskaan liikenteen osuudeksi on asetettu 10 % pois lukien Raappavuorenreuna, jonka raskaan liikenteen osuus säilytettiin 2 %:n oletusarvossaan tarkoittaen lähinnä jätehuoltoa. Alueella vallitsee hyvin selkeä liikenteellinen ruuhkahuippu muuten vähäliikenteisillä katuosuuksilla ja tästä syystä on valittu korkeampi prosenttiosuus kuvaamaan vuorokausiliikenteen huipputuntia.

Yksikaistaisella kiertoliittymällä ei vielä saavutettu toivottua tulosta, vaan liittymän välityskyky jäi HCM:ssa määritellylle liikenteen palvelutason välttävälle tasolle ja käyttösuhteeksi saatiin 1,28. Nopeasti voitiin todeta, että kuvan 2 mukainen 2-kaistainen kiertoliittymä on tarpeellinen ratkaisu jo nykyisillä liikennemäärillä. Tulevaisuuden kasvavien ajoneuvomäärien kannalta simuloinnissa saavutettu huipputunnin käyttösuhte 0,7 on myös riittävällä tasolla.



Kuva 2. Synchrolla ilmakuvan päälle mallinnettu 2-kaistainen kiertoliittymä.

Vertailun vuoksi sama tarkastelu tehtiin myös Paramicsilla ja tulokset olivat hyvin vertailukelpoisia. Vaikka Synchro on pääasiassa valo-ohjaussuunnittelun työkalu, myös muunlaisista simulointikohteista saadaan luotettavia tuloksia helposti.

3.3.2 Paramics ja VISSIM

Monella suunnittelijalla Paramics on nykyään pääasiallinen työkalu sekä kaupunki- että maantieliikenteen mallinnuksessa ja simuloinnissa. Paramicsilla voidaan simuloida luotettavasti suuriakin katu ympäristöjä aina jalankulkijoista joukkoliikenteeseen vuoroväleineen. Ympäristön mallintaminen voidaan tehdä 3D-tuotoksena ja simulointia voidaan tarkastella autoilijan näkökulmasta erilaisilla kamera-ajoilla ja kuvakulmilla. Tarkastelualueen katuverkolle on mahdollista lisätä myös rakennuksia ja monia muita alueen geometriaa ja infrastruktuuria kuvaavia elementtejä.

Siinä missä Paramics on tehokas ja luotettava liikenteen simulointiohjelma, se toimii myös presentaatiotyökaluna. Tilaajan näkökulmasta on usein todella hyödyllistä nähdä mallinnettavan alueen liikenne reaaliaikaisena animaationa eikä vain numeroina ja kaavioina. Näin saadaan liikenteellisen jatkosuunnittelun tueksi tuotettua projektin jokaista osapuolta palvelevaa, helposti ymmärrettävää tietoa suunnittelualueen ongelmakohtista ja kehittämistarpeista.

Tässä työssä CASE-kohteena tarkasteltu Lappeenrannan Leirin ympäristö ei edellyttänyt kevyen liikenteen mallintamista, vaan kyseisessä kohteessa jalankulku ympäristö toteutettiin käytännössä valo-ohjaussuunnittelulla. Tämä tarkoittaa, että mallinnettavien liittymien liikennevalojen valokiertoon sovitetaan myös kevyen liikenteen valo-ohjaus. Paramicsin simulointimenetelmiä ja käyttöä liikennesuunnittelun apuvälineenä käsitellään tarkemmin CASE-kohteen yhteydessä.

VISSIM on hyvin Paramicsin kaltainen mikrosimulointiohjelma, joka on etenkin viime aikoina noussut kysytyksi työkaluksi sekä tilaajaosapuolen että suunnittelijoiden keskuudessa. Etenkin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden valo-ohjauksen mallinnus ja joukkoliikenne-etuudet ovat VISSIMin vahvuuksia.

4 SIMULOINTI SUUNNITTELUN APUVÄLINEENÄ

4.1 Yleisennusteet ja kysyntämallit

Liikennemääriä ja liikenteen suuntautumisia käsittelevien ennusteiden tuottaminen on erittäin haastavaa, joten usein joudutaan turvautumaan erilaisiin yleisennusteisiin ja kasvukertoimiin. Yleisennusteet voivat perustua pitkällä tähtäimellä esimerkiksi oletettuun autokannan ja asukasmäärän muutokseen. Lyhyellä tähtäimellä ennusteen pohjana voi olla tiedossa oleva nykytilanteen liikennemäärä yhdistettynä valittuun kasvukertoimeen.

Liikennemäärätiedot ja -ennusteet ovat usein vuorokausitasolla, kun taas mikrosimuloinnissa käytetään tuntiliikennettä. Pienimuotoisissa lyhyen aikavälin tarkasteluissa yleisennusteena voidaan laskea liittymän tai tieosuuden ruuhkahuipputunti vuorokausiliikenteestä. Usein liikennemääristä on tiedossa ainoastaan valo-ohjaussilmukan tuntikohtaiset laskentatiedot vuorokauden ajalta. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että liikenteen huippu-

tunti työpaikkoja ja asuinalueita yhdistävillä tieosuuksilla on n. 10 % vuorokauden kokonaisliikennemäärästä. Tällaisia arvioita tulee kuitenkin käyttää harkiten ja vain karkean tason ennusteisiin. Myös tarkasteltavan kohteen ominaisuudet tulee aina ottaa huomioon. Yksinkertainen ennuste voi perustua vain muutamaan tunnettuun, aluetta kuvaavaan tietoon. Esimerkiksi kokoojakadun liikennemäärä voidaan laskea seuraavalla tavalla: tiedetään, että alueella asuu 300 ihmistä, yksi asukas tekee keskimäärin 2 matkaa vuorokaudessa ja autossa on keskimäärin 1,6 henkilöä. Näin saadaan kokoojakadun liikennemääräksi $(2 \cdot 300) / 1,6 = 375$ ajoneuvoa vuorokaudessa.

Pelkillä liikennemäärätiedoilla ei kuitenkaan pystytä selvittämään liikennevirtojen suuntautumisia tai kulkutavan valintaa. Liikenteen suuntautumisella tarkoitetaan matkan lähtöpaikkaa ja määränpäättä eli mistä kaikkialta jokin kohde tai alue houkuttelee liikennettä. Suuntautumisen ohella reitinvalinta on tärkeä osa liikenne-ennusteen laatimista eli mitä reittiä matkoja tehdään milläkin kulkumuodolla ja millaiset seikat vaikuttavat käytettyjen reittien valintaan. Lyhyin tai nopein reitti ei aina ole välttämättä kuljettajan kannalta houkuttelevin vaihtoehto ja tämä tuo haasteita ennusteita laadittaessa. Myöskään pelkkä opastus ei aina takaa liikenteen kulkevan tiettyä reittiä vaan hyvällä paikkatuntemuksella on myös vaikutuksensa. Reitinvalinta on hyvin yksilöllistä etenkin vapaa-ajan matkojen kohdalla, kun taas esimerkiksi työmatkat tehdään yleensä tehokkuuden näkökulmasta eli valitaan reitti, jota pääsee varmimmin nopeasti perille. Tehtaessa liikenne-ennusteita pitkällä aikatahtaimella, esimerkiksi 30 vuoden päähän, voidaan liikenteen kysyntämallien perusteella laatia kuvaus todellisista matkustusvalinnoista. Liikennemalleissa nykytilanteen liikumistottumukset pyritään heijastamaan tulevaisuuden liikenne- ja asukasmääriin. Mallit perustuvat tarkasteluhetkellä vallitseviin olosuhteisiin ja esimerkiksi eri kulkumuotoja kohtaan koettujen asenteiden ja mieltymysten muutoksia ei oteta ennusteissa huomioon. Yksinkertaisimmillaan mallit voivat perustua puhtaasti tunnettuun liikenteen kehityssuuntaan ja alueelliseen väestömäärän kehitykseen.

Liikenne-ennusteet pohjautuvat yleensä niin sanottuun neliporrasmalliin, jonka rakenne on seuraava:

1. matkatuotos - kuinka paljon matkoja syntyy
2. matkojen suuntautuminen - mistä minne matkat kulkevat
3. kulkutavan valinta - miten matkat tehdään
4. reitinvalinta - mitä reittiä pitkin matka kullakin kulkutavalla tehdään.

Ennusteessa käytetään joko kaikkia neljää vaihetta tai vain yhtä. Suunniteltaessa uutta yhteyttä olemassa olevalle verkolle, riittää usein, kun tutkitaan reitinvalinnan muutoksia. Muiden vaiheiden voidaan olettaa pysyvän muuttumattomina. Jos taas tutkitaan ainoastaan autoliikenteen kehitystä,

riittää matkatuotosten, matkojen suuntautumisten ja käytettyjen reittien sisällyttäminen malliin. (Ympäristöministeriö 2008. 10–15. 24–25.)

4.2 Lähtötietotarpeet

Luotettavat lähtötiedot ovat aina onnistuneen ja realistisen simuloinnin perusedellytys. Liikenneviraston tekemässä valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa (Liikennevirasto 2012) on selvitetty suomalaisten liikkumistottumuksia ja matkojen suuntautumisia. Tutkimus uusitaan kuuden vuoden välein ja sen perusteella saadaan hyödyllistä, myös liikenteen simulointia avustavaa tietoa. Tutkimukseen on koottu kahdenkymmenentuhannen suomalaisen liikkumista kuvaavia tunnuslukuja. Tulosten perusteella erilaisten kohteiden matkatuotoksia voidaan arvioida.

Liikennevaloilmaisimien tuottamien laskentatietojen perusteella saadaan tietoa katuverkolla liikkuvista ajoneuvomääristä sekä niiden kääntymissuunnista liittymissä. Valo-ohjaamattomien liittymien liikennemäärät ja kääntymissuunnat voidaan laskea myös käsin. Etenkin kevyen liikenteen väylien käyttäjät joudutaan useimmiten laskemaan käsin. Saadut laskentatiedot, yhdistettynä erilaisiin kysyntämalleihin, tuodaan EMME-ohjelmaan reitinvalinta ja välityskykysimulointia varten. EMMEstä saadut tiedot puolestaan tuodaan taulukon 1 mukaisessa matriisimuodossa esimerkiksi Paramicsiin. Paramics käyttää matriisissa määriteltäviä tietoja ainoastaan liikenteen lähtöpaikka- sekä määränpäättietona. Se, miten ajoneuvot tekevät matkat, määrittyy Paramicsin omien reitinvalintaparametrien mukaan. Taulukossa vaakarivit osoittavat liikennemääriä lähtöpaikastaan päämäärään pystysarakkeiden päätepisteet. Taulukon 1 mukaisesti lähtöpaikasta 1 ei voi matkustaa päätepisteeseen 1 vaan ruutu saa matriisissa arvon 0. Tämä aiheuttaa tasaisen viistorivin nollia matriisin ensimmäisestä ruudusta viimeiseen.

Taulukko 1. CASE-kohteessa käytetty Paramicsin demands-tiedostoon tallennettu liikennemäärämatriisi

matrix	1																
from	1	0	115	62	28	1	16	0	3	183	28	5	5	4	0	##	450
from	2	79	0	23	4	78	120	404	1	440	50	90	90	63	56	##	1498
from	3	14	6	0	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0	3	##	30
from	4	50	8	0	0	31	2	2	0	0	0	1	1	2	41	##	138
from	5	2	116	13	25	0	0	0	8	130	0	64	64	129	0	##	551
from	6	11	98	2	3	0	0	8	1	219	18	110	110	1	0	##	581
from	7	0	320	14	2	0	21	0	12	111	39	12	12	0	0	##	543
from	8	4	1	0	0	7	1	35	0	0	0	0	0	1	10	##	59
from	9	143	465	1	0	175	248	80	0	0	16	22	22	9	0	##	1181
from	10	15	23	0	0	0	6	15	0	6	0	1	1	0	0	##	67
from	11	10	122	0	1	117	85	11	0	21	2	0	0	6	0	##	375
from	12	10	122	0	1	117	85	11	0	21	2	0	0	6	0	##	375
from	13	3	54	0	1	121	1	0	0	8	1	3	3	0	62	##	257
from	14	0	19	49	95	0	0	0	1	0	0	0	0	209	0	##	373
##	total	341	1469	164	160	649	586	569	26	1140	156	308	308	430	172	##	6478

Simulointia tehdään usein uuden maankäytön ja kaavoituksen suunnittelun yhteydessä. Myös tilanteissa, joissa tieosuus tai ajoyhteys aiotaan katkaista, saattaa olla tarpeen simuloida toimenpiteestä aiheutuvia liikenteellisiä vaikutuksia. Kysyntämalleihin perustuen määritellään uuden maankäytön houkuttelevuus ja suunnat, joista liikennettä alueelle todennäköisesti saapuu. Suurkaupan yksiköt ja kauppakeskukset ovat yleisesti merkittävimpiä katuverkon välityskykyä koettelevia toimintoja. Rakennettavien tilojen käyttötarkoitus ja kerrosneliömäärät ovat keskeisiä lähtötietoja aluetta mallinnettaessa. Etenkin illan ruuhkahuipputunteina ja viikonloppuisin paljon tilaa vievät kaupan toiminnot houkuttelevat alueelle runsaasti liikennettä ja katuverkon toimivuutta saatetaan joutua tarkastelemaan hyvinkin laajalti, eikä ainoastaan uuden maankäytön välittömässä läheisyydessä.

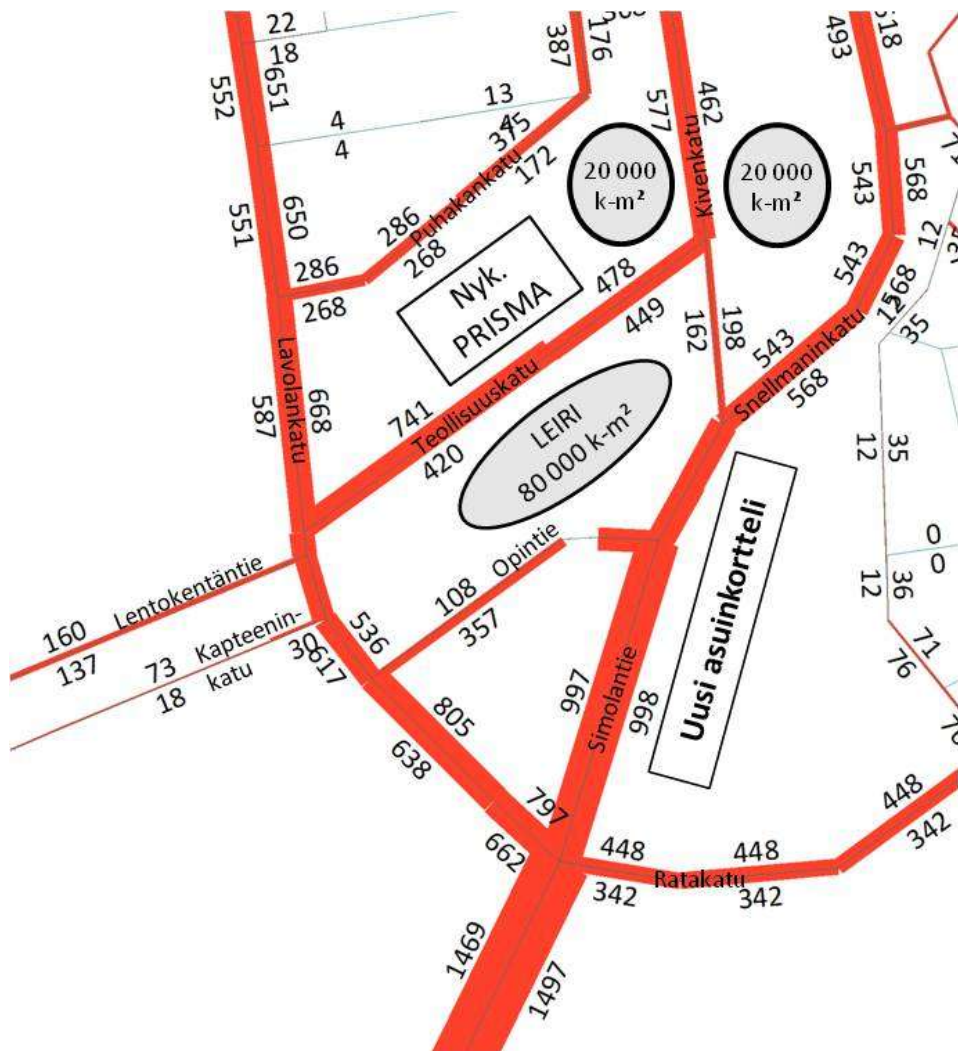
Nykyistä tie-/katuverkkoa kuvaavat määritelmät nopeusrajoituksista, kaisamääräistä ja -järjestelyistä sekä liittymien sijainneista ja niiden toiminnallisuudesta tulee myös selvittää mallinnuksen lähtötietoihin. On erittäin tarpeellista saada simulointiohjelman malli mahdollisimman todenmukaiseksi kuvaamaan nykytilannetta sekä alueelle suunniteltuja toimenpiteitä. Liittymien valo-ohjauskierrot ja mahdolliset kielletyt kääntymissuunnat sekä liityntäkaistojen pituudet tulee selvittää nykytilanteen kuvausta varten. Nykytilanteen simulointi auttaa näkemään ongelmakohdat ennen muutostoimenpiteisiin ryhtymistä sekä varmistamaan, että mallinnus vastaa todellisuutta.

Alueen ajantasainen pohjakartta korkeustietoineen on myös erittäin oleellinen osa suunnittelua tukevaa simulointia. Pohjakartta auttaa mallin luomisessa ja etäisyydet sekä suuntaukset saadaan helposti totuudenmukaisiksi. Havainnollisen pohjakartan avulla mallia on helpompi käsitellä ja ennen kaikkea mitoitaa. Usein myös kohteen sijainnin tai jo käynnissä olevien rakennustöiden vuoksi maastokäyntien suorittaminen saattaa osoittautua haasteelliseksi tai jopa mahdottomaksi. Näin ollen pohjakartat ja ilmakuvat ovat usein ainoita suunnittelijan käytettävissä olevia keinoja saada käsitys alueen geometriasta. Aluetuntemus on olennainen osa simulointia, jotta liittymien ja näkemäalueiden sijoitukset saadaan toteutettua tarkasti ja maaston muotoja mukaillen.

Katualueiden ja tonttien rajat näkyvät selvästi ainoastaan pohjakarttamateriaaleissa ja ne täytyy suunnittelussa ottaa huomioon. Usein uudetkin suunnitelmat tulee saada mahtumaan olemassa olevalle katualueelle ja tilankäyttö luo suunnitteluun omat haasteensa. Jos simulointi johtaa tarkempien katusuunnitelmien laadintaan, on saman pohjakartta-aineiston hyödyntäminen tärkeää.

CASE-kohteessa käytetty liikenteen iltahuipputunnin ennuste laadittiin aiempien töiden yhteydessä kehitetyn EMME-mallin ennusteen pohjalta. Alun perin iltahuipputuntiennuste on laadittu Lappeenkadun seudun kehittämisen yhteydessä Lappeenrannan kaupungin vuorokauden ajan ennustemallin pohjalta. Tätä iltahuipputunnin ennustemallia tarkennettiin myös Taipalsaarentien – Snellmaninkadun – Lappeentien FCG:n liikennesuunnittelun yhteydessä. Iltahuipputunnin ennustetta tarkennettiin edelleen Lappeenrannan kaupungintalon ympäristön suunnittelun yhteydessä.

EMME-mallia kalibroitiin käytettävissä olleiden Lavolankadun, Simolantien, Opintien ja Teollisuuskadun liittymälaskentojen avulla vastaamaan paremmin liikennelaskentatietoja. Muodostettu iltahuipputunnin liikenneennuste kuvaa perjantain iltahuipputunnin tilannetta, jolta ajalta mallin kalibroimisessa käytetyt liikennelaskentatiedot ovat olleet. Laskentatietoja on ollut käytössä aikajaksoilta klo. 15–16 ja klo. 16–17. Kalibroinnin tulos heijastettiin vuoden 2030 ennusteisiin. Vuoden 2030 liikennemallin kuvausta tarkennettiin suunnittelualueen osalta vastaamaan uusia suunnitelmia ja uusien kaupan toimintojen liikennetuotokset lisättiin malliin (kuva 3). Liikennetuotosten laskenta pohjautuu ympäristöministeriön julkaisuun ”Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa, Suomen Ympäristö 27/2008”.



Kuva 3. CASE-kohteen ennustetilanteen 2030 iltahuipputunnin liikennemäärät EMME-mallissa (ajon/h).

4.2.1 Mallien laadinta

Tässä osiossa keskitytään simulointimallien laadintaan Paramics-ohjelmalla. Mallien laadinta lähtee liikkeelle lähtötietoaineiston kokoamisella ja alueeseen tutustumisella. Joissakin yksinkertaisissa kohteissa verkkoa ei välttämättä tarvitse rakentaa pohjakartan päälle, vaan esimerkiksi alueen ilmakehä saattaa olla riittävä. Paramicsin mittaustyökalun avulla pohjana käytettävän kuvan kokoa voidaan muokata vastaamaan oikeaa mittakaavaa. Tärkeintä on, että etäisyydet ja olemassa olevien tie- ja katuosuuksien poikkileikkaukset, nopeusrajoitukset ja geometria tulevat huomioitua. Liittymien etäisyydet toisiinsa nähden ja niitä yhdistävien teiden ja katujen tulee vastata nykytilannetta tai suunniteltua lopputulosta mahdollisimman tarkasti simuloinnin itsensä aiheuttamien virheiden minimoimiseksi. Saadut tulokset saattavat erota todellisesta tilanteesta hyvinkin paljon, jos verkon rungossa on suunnitelmiin tai katuverkon nykytilaan verrattuna eroja.

4.2.2 Uuden verkon perusarvojen määrittely

Lähdettäessä luomaan täysin uutta verkkoa, on aluksi määriteltävä verkon ominaisuudet New Network Wizardin avulla. Verkolle annetaan nimi sekä maakohtaisina asetuksina mittayksiköt ja varmistetaan, että oikeanpuoleinen liikenne on valittuna. Simuloinnille määritellään otanta-ajanjakso sekä Seed-lähtöarvo, jonka perusteella ohjelma arpoo jokaisen simuloinnin aloitustilanteen. Kullakin verkolla liikkuvalla ajoneuvolla on suuri määrä erilaisia käytökseen vaikuttavia ominaisuuksia ja näin systeemi luo jokaisesta simulointikerrasta erilaisen. Simuloinnin lopputulos muuttuu ainoastaan Seed-arvoa tai itse mallia muuttamalla. Lisäksi määritellään Time Steps -arvo, joka määrää kuinka monta kertaa sekunnissa mallin kaikki osat päivittyvät ja tällöin myös kuljettajat tekevät reitinvalintaan vaikuttavia päätöksiä. Jos malli vaatii useamman kuin yhden liikennemäärämatriisin, tulee ohjelmalle antaa matriisitiedostojen kokonaismäärä Demands Matrix Count -valintakohtaan. Oletusarvona matriisien määräksi on asetettu yksi, mutta esimerkiksi raskaalla liikenteellä saatetaan käyttää omaa matriisia.

Ajoneuvotyypeille voidaan antaa niiden fyysisiä ominaisuuksia kuvaavia arvoja maakohtaisia ajoneuvokantoja mukaillen. Tällaisia arvoja ovat muun muassa pituus, leveys, korkeus ja paino. Ajoneuvotyyppien prosentuaalinen osuus koko autokannasta voidaan myös määrittää jokaisen mallissa mukana olevan ajoneuvotyypin osalta Proportion (%) -arvoa muuttamalla. Familiarity (%) -arvoa muuttamalla vaikutetaan kyseisen ajoneuvotyypin kuljettajien paikkatuntemukseen. Mitä suurempi prosenttilukema, sitä tutumpi ympäristö kuljettajalle on ja sitä paremmin kuljettaja kykenee valitsemaan tehokkaimman ja suoraviivaisimman reitin määränpäähänsä. Siinä missä kauppakeskusten houkuttelemien ulkopaikkakuntalaisten seututuntemus ei välttämättä ole paras mahdollinen, raskaan liikenteen ammattikuljettajat ovat yleisesti ottaen hyvin tietoisia tehokkaimmista ja ennen kaikkea nopeimmista reiteistä myös kaupunkiympäristössä. Jos tarkasteltava alue on esimerkiksi teollisuusaluetta, joka käsittää hyvin pitkälti

pelkästään työmatkaliikennettä sekä raskaan liikenteen kuljetuksia, voidaan Familiarity (%) -arvo asettaa hyvinkin korkeaksi.

Vastaavasti suuren kauppakeskuksen asiakaskunnan seututuntemus on todennäköisesti hieman heikommalla tasolla, mutta tämäkin asia korjaantuu yleensä ajan saatossa. Tietysti asianmukaisella liikenteenohjauksella pystytään myös suuresti vaikuttamaan autoilijoiden reitinvalintoihin. Opastus onkin tärkeää ottaa huomioon etenkin olemassa olevia verkkoja mallinnettessa.

Jotta simuloinnin tulokset saataisiin mahdollisimman tasaisiksi ja realistisiksi, voidaan tiedonkeräyksen alkuun asettaa Statistic Collection Warm Up Period -aikaviive. Tämän avulla ajoneuvot ehtivät kaikille verkon osille ennen varsinaista liikenneverkon välityskykyä kuvaavaan tiedon tallentamista. Näin vältetään simuloinnin alussa olevan autottoman hetken vaikutus lopputuloksiin. Tämän jälkeen annetaan simuloinnille ajallinen kesäto, jolloin dataa kerätään sekä mahdollinen intervalliaika. Intervalliajalla simuloinnista voidaan tallentaa tilannetieto esimerkiksi viidentoista minuutin välein, jolloin tunnin pituisesta simuloinnista tallentuu neljä tilannetietoa. Interval- aikaan voidaan myös liittää Snapshots-toiminto, jolloin jokaiseen tilannetietoon tallentuu myös kuva mallista.

Tie- ja katuosuuksille voidaan luoda etukäteen valmiita tyyppimääritelmiä, jolloin jokaisen luotavan linkin asetuksia ei tarvitse erikseen määrittää. Ominaisuudet saadaan valitsemalla valikosta tyyppikuvaus, joka sisältää kyseisen tie- tai katuosuuden kaistamäärän, nopeusrajoituksen sekä leveyden. Jokaisella kuvauksella on oma ID-numeronsa sekä värikoodi.

Lopuksi mallille määritetään tallennuskansio, jonka tulee sijaita paikallisella levyasemalla eikä esimerkiksi palvelimella. Näiden perusmääritysten jälkeen voidaan aloittaa verkon rakentaminen (Quadstone Paramics 2013; Haastattelu 2013.)

4.2.3 Verkon rakentaminen

Tarkastelualueen mallintamisessa on hyvä lähteä liikkeelle pohjakartta-aineiston liittämisellä työtilaan. Perusarvojen määrittelyn jälkeen Paramics luo kaksi liikenteen lähtöpaikka- aluetta (Zone001 ja Zone002) sekä niitä yhdistävät kolme linkkiä (Link). Zone-alueita luodaan tarkastelualueelle paikkoihin, joista liikennettä saapuu verkolle sekä paikkoihin, joihin liikenne suuntautuu. Näiden alueiden tunnistenumerointi vastaa demands-tiedostoon tallennetun liikennemäärämatriisin lähtö- ja päätepisteitä. Zoneja luotaessa niiden numerointi etenee juoksevasti siten, että ensimmäisenä luotu saa luvun 001, toisena luotu luvun 002 jne. Zoneja voidaan poistaa ja lisätä tarpeen mukaan, mutta numeroinnin tulee vastata matriisissa määriteltyjä arvoja. Muutoin ajoneuvot lähtevät väärästä paikasta liikkeelle tai vastaavasti niiden määränpää on väärä.

Verkon sisäisiä Zone-alueita voivat olla esimerkiksi kauppakeskusten pysäköintilaitokset ja joukkoliikenteen terminaalit. Zoneja luotaessa täytyy huomioida, että sieltä lähtevästä ja/tai sinne johtavasta linkistä tulee olla

yli puolet Zonen sisäpuolella. Jos Zonesta on runsaasti ulospäin suuntautuvaa liikennettä, on siihen liittyvän linkin myös syytä olla riittävän pitkä Zonen sisällä, jotta mahdollinen liikenteen jonoutuminen mahtuu linkille. Zone ei lopeta liikenteen syöttämistä verkolla, vaikka siihen liittyvä linkki olisi täytynyt ruuhkautuneesta liikenteestä. Tästä seuraa tilanne, jossa verkolle pääsyään odottavaa liikennettä saattaa olla runsaasti Zonen sisällä, eikä se näin ollen tilastoidu simuloinnin tuloksiin esimerkiksi jonon pituutena. Kuvassa 4 on esitettyinä valmiin verkon rakenne pohjakartan päälle luotuna Zone-alueineen.



Kuva 4. Lappeenrannan Leirin alueen Paramics-malli. Kuvassa siniset alueet kuvaavat Zone-alueita ja valkoinen katuverkko DXF-muotoon tallennettua pohjakarttaa.

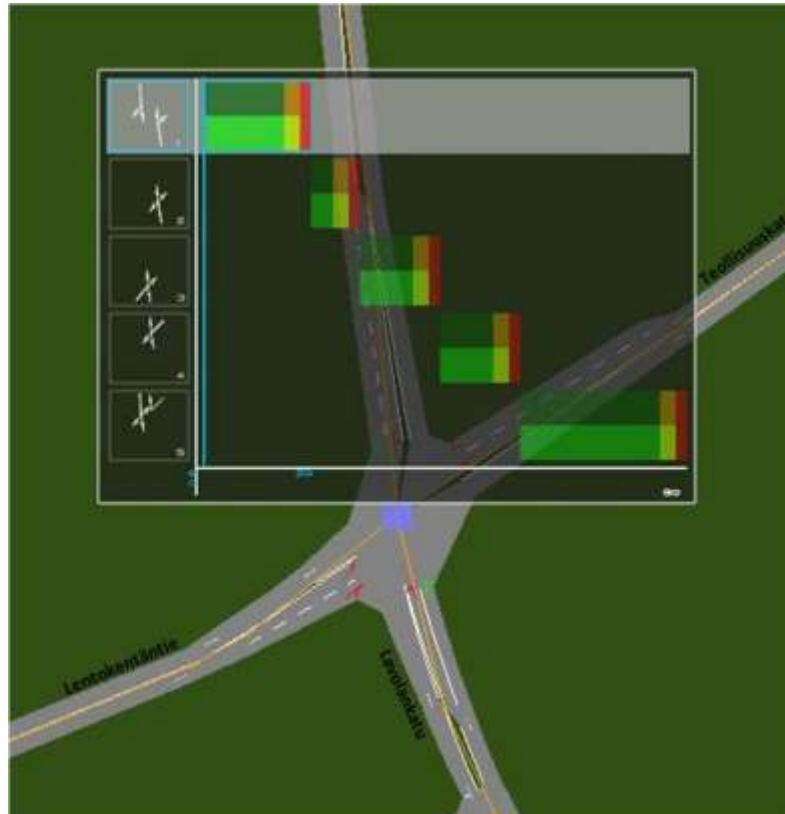
Zone-alueita yhdistävät linkkien ja Junction (Node) -pisteiden verkko. Kukin Node edustaa muutoskohtaa kyseisellä linkillä. Node voi tarkoittaa liittymää, uuden kaistan alkamiskohtaa tai esimerkiksi mutkan alku- ja päätepistettä. Jokaisen linkin molemmissa päissä on Nodet ja olemassa olevalle linkille voidaan lisätä Node Split -komennolla, joka jakaa linkin kahtia ja lisää keskelle Noden. Kuhunkin Nodeen voidaan liittää useita linkkejä ja näin verkolle syntyy liittymiä. Ohjelma asettaa liittymille automaattisesti väistämisvelvollisuudet oletetun pääsuunnan mukaan. Väistämisvelvollisuudet tulee aina tarkistaa. Liittymän ominaisuudet asetetaan manuaalisesti Junctions-työkalujen avulla.

Liittymiä luotaessa kullekin saapumissuunnalle määritellään aluksi kääntymiskaistat ja väistämisvelvollisuudet. Linkeillä olevat kaistat saavat ar-

vot ykkösestä alkaen siten, että tienpiennarta lähimpänä oleva kaista saa arvon 1 ja toisena oleva arvon 2 jne. Kullekin saapuvalla suunnalla annetaan kaista-arvot, joilta kääntyminen sallitaan sekä vastaanottavat suunnat ja kaistat, joille kääntymisen tulee tapahtua. Myös linkeillä, joille lisätään tietyn Noden jälkeen kaistoja, voidaan asettaa Next Lane -arvolla seuraava kaista, jolle ajoneuvo on pakotettu jatkamaan kulkuaan. Etenkin ryhmittymiskaistojen ollessa kyseessä on usein tarvetta määrittää erilaisia kaistasääntöjä. Liittymiin tultaessa ja kaistoja vaihdettaessa ajoneuvoilla on usein tapana tehdä tarpeettomia kaistanvaihtoja ja helposti ruuhkautuvissa paikoissa tämä saattaa pahentaa tilannetta entisestään ajoneuvon pysähtyessä odottamaan pääsyä viereiselle kaistalle, vaikka kyseinen ajoneuvo joutuu kuitenkin vaihtamaan takaisin samalle kaistalle myöhemmin. Ajoneuvoille, joiden päämäärä on tiedossa, voidaan tämän kaltaisissa tilanteissa määrittää myös pakotettu kaistakohtainen reitti, jota ajoneuvon on noudatettava läpi koko liittymäalueen mukaan lukien ryhmittymiskaistat ennen liittymää. Ajoneuvoille asetetut reitit eivät kuitenkaan aina toimi vaan kuljettajat toimivat edelleen arvaamattomasti. Tähän ei ole olemassa selkeää syytä sillä ongelma on ohjelmassa itsessään.

Jokaisella linkillä on neljä Control Point -pistettä, joilla linkin muotoa voidaan vapaasti muuttaa. Linkkien alku- ja loppupäässä on myös Stopline-nuolet, jotka määrittävät linkin alkamis- ja loppumiskohdan. Näiden nuolien avulla linkille saapuvan ja sieltä poistuvan ajoneuvon kulkusuuntaa voidaan ohjata. Etenkin kaarteissa ja kiertoliittymissä Stopline-nuolien asennot ovat hyvä tapa saada ajoneuvojen liikkeet luonnollisiksi.

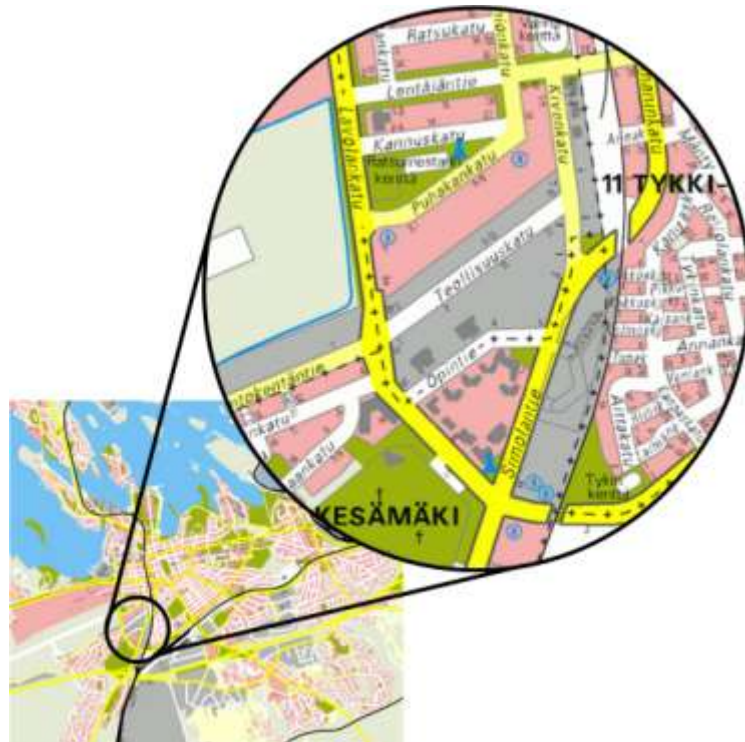
Valo-ohjaus tapahtuu Signal Control -työkaluilla, joiden avulla pystytään määrittelemään kaikki valo-ohjauksessa tarvittavat toiminnot. Kullekin kääntymissuunnalle asetetaan vihreän ja punaisen valon kesto sekä tarvittaessa myös keltaisen valon kesto voidaan säätää (kuva 5). Valojen palamisajat asetetaan sekunnin tarkkuudella ja koko valokierrolle voidaan määrittää Offset-aika, joka siirtää koko valokierron alkamisaikaa eteenpäin. Offset-ajalla mahdollistetaan liittymän valo-ohjauksen liittäminen muiden valo-ohjattujen liittymien valokiertoon vihreän aallon luomiseksi. (Quadstone Paramics 2013; Haastattelu 2013.)



Kuva 5. Lappeenrannan Leirin alueella sijaitsevien Lavolankadun ja Teollisuuskadun liittymä sekä valo-ohjauskaavio.

Kuvan 5 mukainen valo-ohjaus toteutettiin CASE-kohteessa Lavolankadun ja Teollisuuskadun liittymään. Siirtämällä valokiertoa Offset-työkalulla kuvan liittymästä Lavolankatua pohjoisen suuntaan sijaitsevan Puhakankadun valoliittymään onnistuttiin luomaan vihreä aalto, jonka avulla Leirin kauppakeskuksesta poistuvan liikenteen tuomaa painetta saatiin purettua katuverkolta.

5 CASE-LAPPEENRANNAN LEIRI

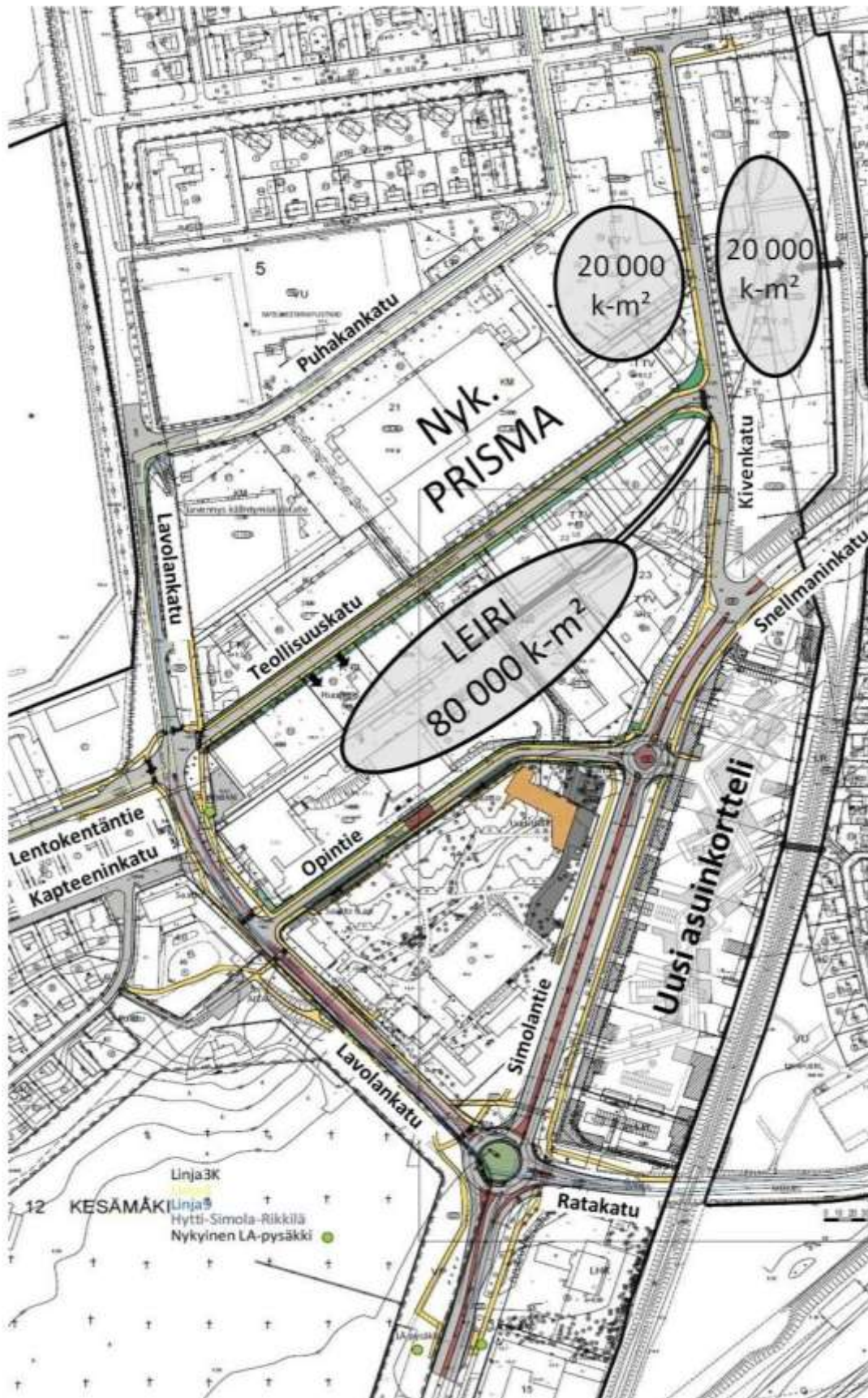


Kuva 6. Tarkastelualueen sijoittuminen kartalla (kartat: Lappeenrannan kaupunki).

5.1 Lähtökohdat ja aiemmat suunnitelmat

Lappeenrannan Leirin kaupunginosaan ollaan sijoittamassa runsaasti uutta kaupallista maankäyttöä (kuva 6). Vuonna 2009 alueelle sijoitettavien kauppakeskusten suunnittelun yhteydessä Lappeenrannan kaupunki tilasi Trafix Oy:ltä alueen katuverkon toimivuustarkastelut (Holm, 2009, liite 1). Alkuperäisten vuoden 2009 tarkastelujen lähtökohtana oli alueelle sijoitettava 40 000 k-m²:n kokoinen kauppakeskus. Suunnitelmien edetessä myös alueen maankäyttöä haluttiin tehostaa ja nyt kyseiselle paikalle ollaan kaavailemassa 80 000 k-m²:n kokoista kauppakeskusta. Lisäksi vaikutusalueelle on suunnitteilla kaksi muuta kauppakeskusta, joiden yhteenlaskettu koko on 40 000 k-m². Näin ollen alueelle on kokonaisuudessaan tarkoitus rakentaa 120 000 k-m² uutta maankäyttöä. Suunnitelmien kehityksessä ja rakennettavien kerrosneliö määräen kasvaessa myös alueen liikenteellinen toimivuus haluttiin tarkistaa uudelleen.

Lappeenrannan kaupunki teki alueen tulevasta katuverkosta viitesuunnitelman, joka toimi tarkastelujen pohjana (kuva 7). Suunnitelmassa Kivenkadun molemmiin puolin sijoittuvat pienemmät kauppakeskukset eivät olleet vielä mukana ja näin ollen myös kyseisen katuosuuden liikennejärjestelyt oli tarkistettava. Kauppakeskukset sijoittuvat välityskyvyiltään heikolle katuosuudelle ja näin ollen oli välittömästi selvää, ettei Kivenkadun välityskyky riitä tulevaisuudessa ilman toimenpiteitä. Alueen liikennesuunnittelu annettiin konsultin tehtäväksi ja simuloinnissa päästiinkin mallintamaan kaista- ja liittymäjärjestelyt puhtaasti toiminnallisuuden näkökulmasta.

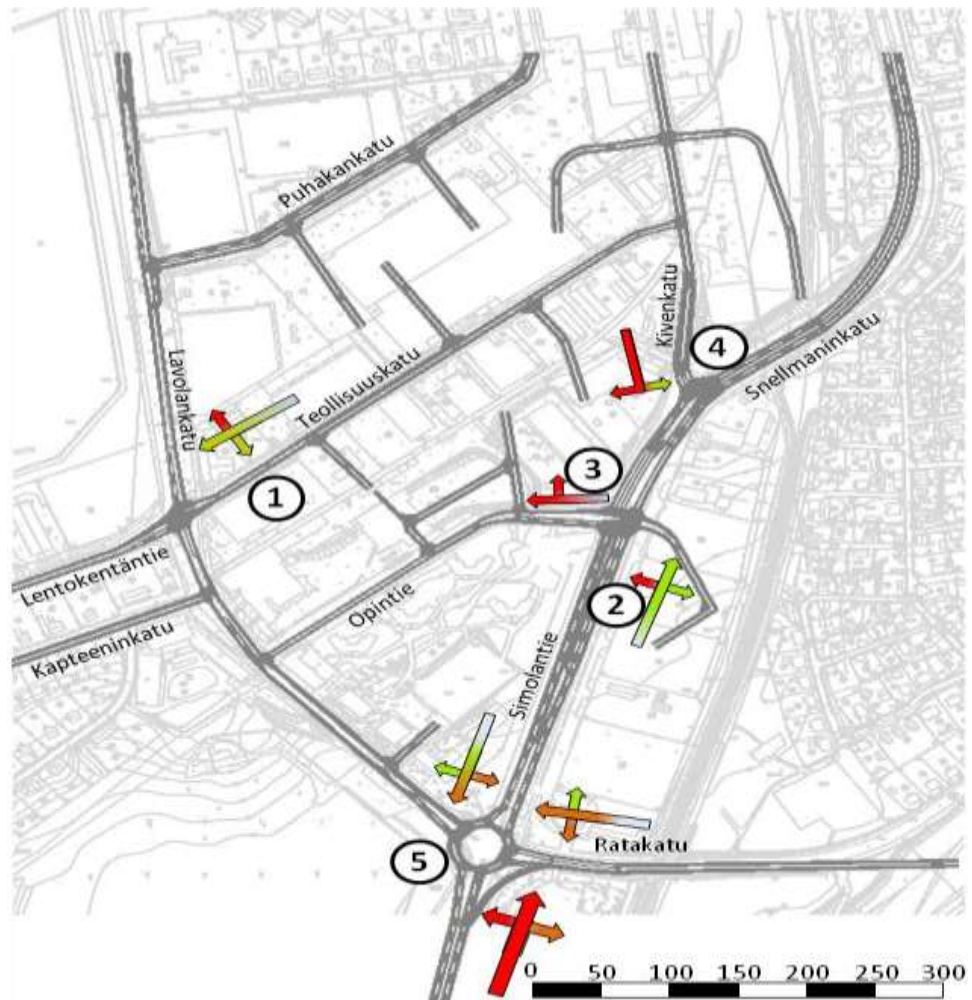


Kuva 7. Lappeenrannan kaupungin laatima Leirin alueen katuverkon viitesuunnitelma. Kuvassa on esitettyä myös suunniteltujen kauppakeskusten sijoittuminen, kerrosneliömäärät sekä nykyisen Prismän sijainti. (Kuva: Lappeenrannan kaupunki)

Tarkemman maankäyttösuunnitelman puuttuessa Leirin sisäänajoliittymät on tarkastelussa sijoitettu Teollisuuskadulle sekä Opintielle, joilta molemmilta on kaksi yhteyttä P-alueille. Kivenkadulla tonttiliittymät on sijoitettu Teollisuuskadun pohjoispuolelle n. 75 m nykyisestä Teollisuuskadun ja Kivenkadun liittymästä. Pysäköintiratkaisujen (P-laitos tai pihapaikotus) vaikutuksia ei tarkastelussa ole voitu ottaa huomioon. Leirin alueen uuden maankäytön liikennesuunnittelun yhteydessä tarkasteltiin alueen liikenteellistä toimivuutta. Lappeenrannan kaupungin tekemien viitteellisten katusuunnitelmien sekä ympäröivän katuverkon toimivuutta testattiin Paramics-ohjelmalla kohdistuen lähinnä Kivenkatuun sen itä- ja länsipuolelle suunniteltujen kauppakeskusten tuoman lisäliikenteen vuoksi. Tämänhetkisessä kaupungin viitesuunnitelmassa Kivenkatu säilyy nykytilaansa, eikä uutta maankäyttöä ole huomioitu liikenneratkaisuissa. Lisäksi kaupungin viitesuunnitelmasta poiketen Simolantien ja Opintien liittymä toteutetaan valo-ohjattuna johtuen Simolantien itäpuolisen asuinkorttelin kaavoituksesta, johon nähden kiertoliittymän tilanvarauksen katsottiin olevan liian vaativa.

5.2 Tarvittavat toimenpiteet ja tarkastelualueen ongelmakohdat kaupungin viitesuunnitelmassa

Suurimmat ongelmakohdat kaupungin viitesuunnitelmassa sijoittuivat Kivenkadulle, johon ei suunnitelmissa kohdistettu toimenpiteitä. Tässä osiossa keskitytään havaittuihin toimivuusongelmiin tarkastelualueen muilla osilla sillä oletuksella, että liikenne Kivenkadulla on sujuvaa eli parannustoimenpiteet Kivenkadulla on suoritettu (kuva 8). Tarkastelualueen liikenne on pääosin kohtuullisen sujuvaa kaupungin viitesuunnitelmassa kuvatuilla järjestelyillä lukuun ottamatta Kivenkatua, joka ilman konkreettisia muutoksia ruuhkautuu nopeasti. Kivenkadun ruuhkautuminen vaikeuttaa myös muun katuverkon realistista simulointia liikenteen ollessa jumissa Kivenkadun liittymissä. Simolantieltä etelästä Ratakadulle kääntyvän kiertoliittymän vapaan oikean käyttäjiä on suhteellisen vähän ja sen toteuttamista on syytä harkita. Toisaalta vt6:n suunnasta kiertoliittymään saapuva liikenne jonoutuu ajoittain pitkästi, joten sujuvuuden kannalta Ratakadulle kääntyvien ohjaaminen omalle kääntymiskaistalleen on perusteltua.



Kuva 8. Simuloinnissa havaitut ongelmalliset kääntymissuunnat Lappeenrannan kaupungin viitesuunnitelmassa. Kivenkadun ruuhkautumista ei ole huomioitu.

1. Teollisuuskadun läntinen liittymä

Teollisuuskadulla Leirin kauppakeskuksesta poistuvalla liikenteellä on vaarana ruuhkautua Lavolankadun liittymässä ilman oikealle kääntyvää ryhmittymiskaistaa. Jono ulottuu herkästi Leirin sisäänajoliittymään saakka ja pakottaa kauppakeskuksesta ulos suuntautuvan liikenteen jäämään pysäköintialueelle odottamaan.

2. Opintien ja Simolantien liittymä

Simolantietä etelästä saapuvan liikenteen ainoa vasemmalle kääntyvä kaista ruuhkautuu pahasti nykyisillä kaistajärjestelyillä.

3. Opintien itäpään kaistajärjestelyt

Opintien kaistajärjestelyt ovat riittämättömät Leirin itäisen sisäänajoliittymän ja Simolantien risteyksen välillä. Toisen vasemmalle kääntyvän kaistan lisäys Simolantielle edellyttää toista vastaanottavaa kaistaa myös Opintielle.

4. Kivenkadun, Simolantien ja Snellmaninkadun liittymä

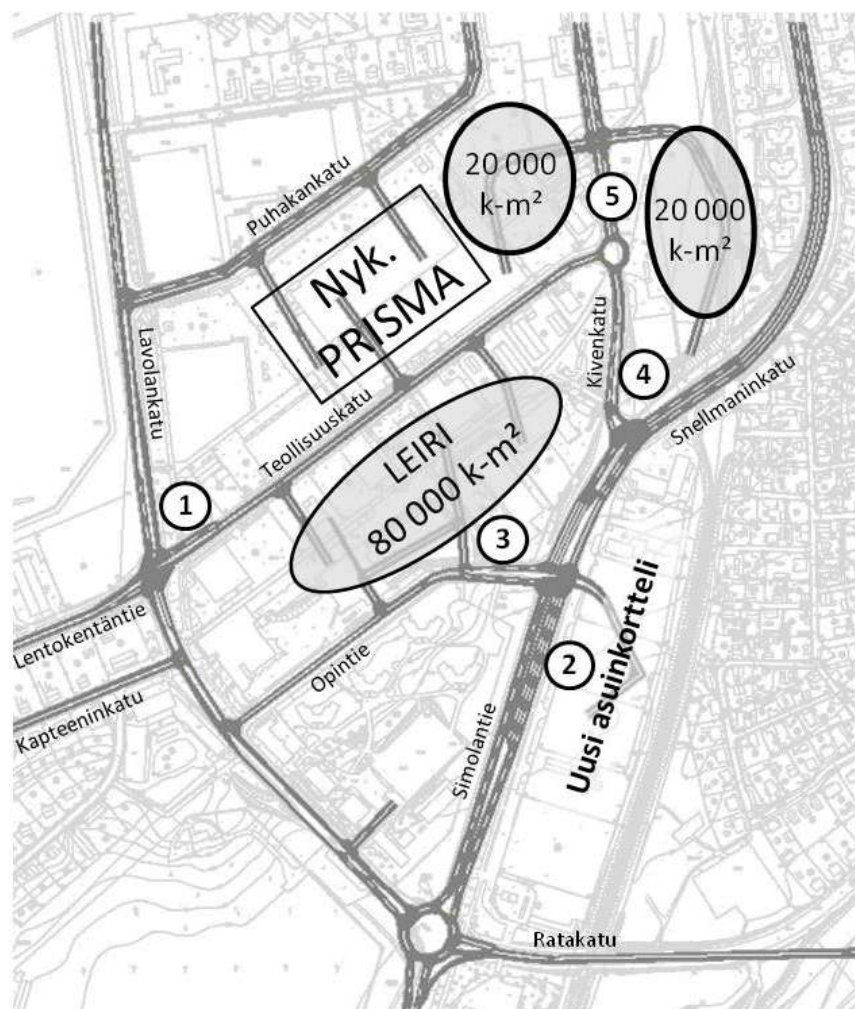
Kivenkadulla yhden kaistan välityskyky liittymään tullessa käy nopeasti riittämättömäksi, vaikka Snellmaninkadun suuntaan liikenne on suhteellisen vähäistä. Kivenkadun toteuttaminen liittymän tuntumassa 2+1 kaistaisena on tarpeen.

5. Simolantie-Ratakatu-Lavolankatu – kiertoliittymä

Simolantiella liikenne ruuhkautuu ajoittain pitkästi jonon ulottuessa lähes vt6:n liittymään saakka, mutta jono myös purkautuu suhteellisen nopeasti. Myös Ratakadulla ja Simolantietä pohjoisesta saapuvalla suunnalla on havaittavissa ajoittaista lievää jonoutumista.

5.3 Toimenpide-esitykset kaupungin viitesuunnitelman kehittämiseksi

Kuvassa 9 on esiteltyä kohteet, joihin suositellaan toimenpiteitä liikenteen sujuvuuden varmistamiseksi uuden maankäytön toteutuessa. Ajoyhteydet Leirin kauppakeskukseen esitetään Teollisuuskadulta ja Opintieltä, joista molemmista on kaksi yhteyttä.



Kuva 9. Ehdotettujen toimenpiteiden sijainnit kartalla

1. Teollisuuskadun kaistajärjestelyt

Teollisuuskadun länsipäähän lisätään oikealle Lavolankadulle kääntyvä ryhmittymiskaista.

2. Simolantien ja Opintien liittymä valo-ohjattuna

Simolantien ja Opintien liittymään esitetään valo-ohjausta siten, että Simolantietä liittymään saapuvalla liikenteellä on käytössään neljä kaistaa sekä pohjoisesta että etelästä. Etelän suunnasta esitetään kaksi vasemmalle kääntyvää kaistaa.

3. Opintien kaistajärjestelyjen muutos

Opintie toteutettaisiin muuten yksikaistaisena molempiin suuntiin, lukuun ottamatta Leirin itäisen sisäänajon ja Simolantien väliä, joka tulisi toteuttaa 2+2-kaistaisena. Opintien itäpäässä Leiristä poistuvalla suunnalla on tarpeen kaksi kaistaa, joilta vasemman puoleiselta käännytään vasemmalle sekä ajetaan suoraan ja oikeanpuoleiselta ainoastaan oikealle.

4. Kivenkadun, Simolantien ja Snellmaninkadun liittymä

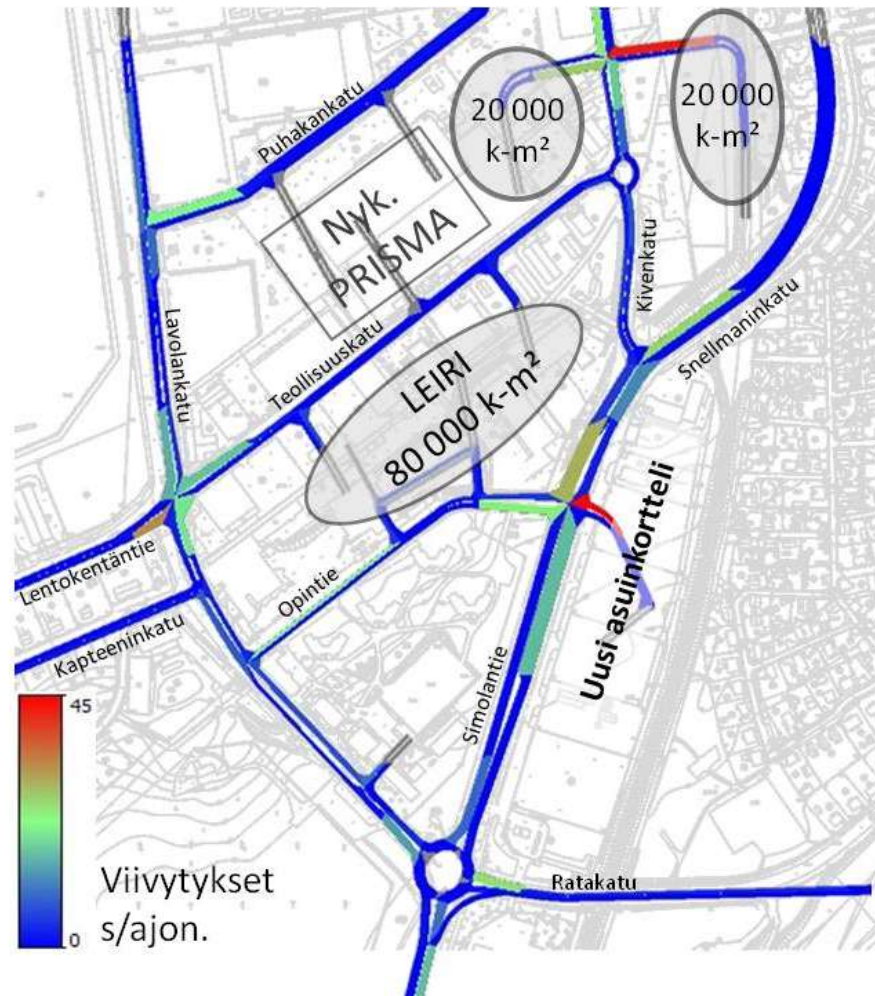
Kivenkadun eteläiseen päähän lisätään oikealle, Simolantielle, kääntyvä ryhmittymiskaista.

5. Kivenkadun ja Teollisuuskadun risteyksen kiertoliittymä sekä uuden maankäytön yhteys

Teollisuuskadun ja Kivenkadun risteys esitetään yksikaistaisena kiertoliittymänä, minkä lisäksi Kivenkadun kaistajärjestelyinä 2+1 kaistaa Teollisuuskadulta uuden maankäytön liittymään saakka. 2 kaistaa pohjoiseen ja 1 etelään. Kivenkadun molemmiin puoliin sijoittuvan uuden maankäytön yhteys toteutettaisiin kiertoliittymän pohjoispuolella valoliittymänä ja kääntyviä kaistoja lisätään kaikkiin suuntiin risteysalueella.

vuoden sekä liikenneturvallisuuden parantamiseksi. Liittymän korvaamista valoliittymällä voisi myös tutkia Kivenkadun valo-ohjattujen liittymien yhteenkytkennän kannalta. Kivenkadun ja Simolantien liittymään on syytä lisätä kaista vastaamaan kauppakeskuksista poistuvaan liikennemäärään, joka on runsasta etenkin vt6:n suuntaan.

Teollisuuskadun länsipäässä erillisellä kääntymiskaistalla liittymä saadaan sujuvaksi eikä ruuhkautumista pääse syntymään, vaikka Teollisuuskadulle jonoa ajoittain syntyykin. Kuvassa 11 on esitettyä parannustoimenpiteiden jälkeiset viivytykset viiden simuloinnin keskiarvona.



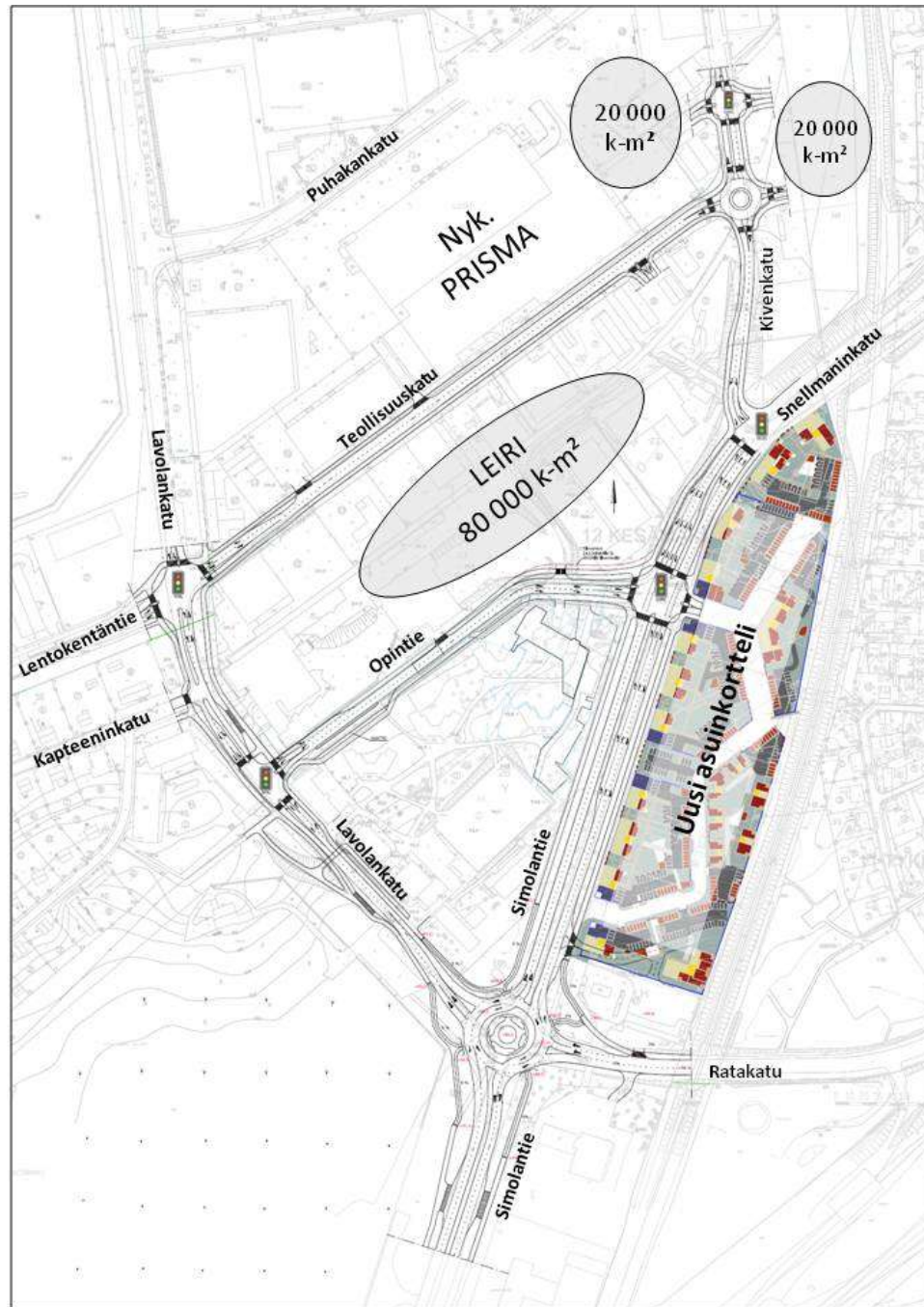
Kuva 11. Viivytykset linkeittäin viiden simuloinnin keskiarvona parannustoimenpiteiden jälkeen.

6 SIMULOINNISTA KATUSUUNNITTELUUN

Leirin alueen simulointien ja tilaajaosapuolen kommenttien jälkeen katuverkkoa alettiin viedä tarkemman suunnittelun tasolle. Lappeenrannan kaupungin laatiman viitesuunnitelman sekä simuloinnin osoittamien toimenpidetarpeiden pohjalta katuverkko piirrettiin AutoCAD 2012 -suunnitteluohjelmalla. Näin päästiin näkemään katujen todellinen tilanvarauksen tarve helpottamaan kaavoitusta ja kaupungin päätöksentekoa hankkeiden toteuttamisessa. Myös simulointien ulkopuolelle rajatut kevyen liikenteen väylien linjaukset ja tilanvaraukset toteutettiin katusuunnittelussa.

Tässä kohtaa työtä otettiin huomioon myös suuria liikennemääriä houkuttelevien kauppakeskusten vaatima, todellinen katuverkon palvelutaso. Vaikka simulointi osoitti, että tietyt katuosuudet toimisivat liikenteellisesti myös suuremmilla ajoneuvomäärillä, oli jo liikenneturvallisuudenkin kannalta olennaista harkita myös toimivien katuosuuksien modernisointia. Etenkin Lavolankadulla oli monin paikoin havaittavissa puutteellisia kais-tajärjestelyjä kääntymiskaistojen puuttuessa kokonaan tai niiden ollessa muuten riittämättömiä. Kevyen liikenteen väylät olivat niin ikään monin paikoin turvattomia ja suojateiden keskisaarekkeissa havaittiin puutteita.

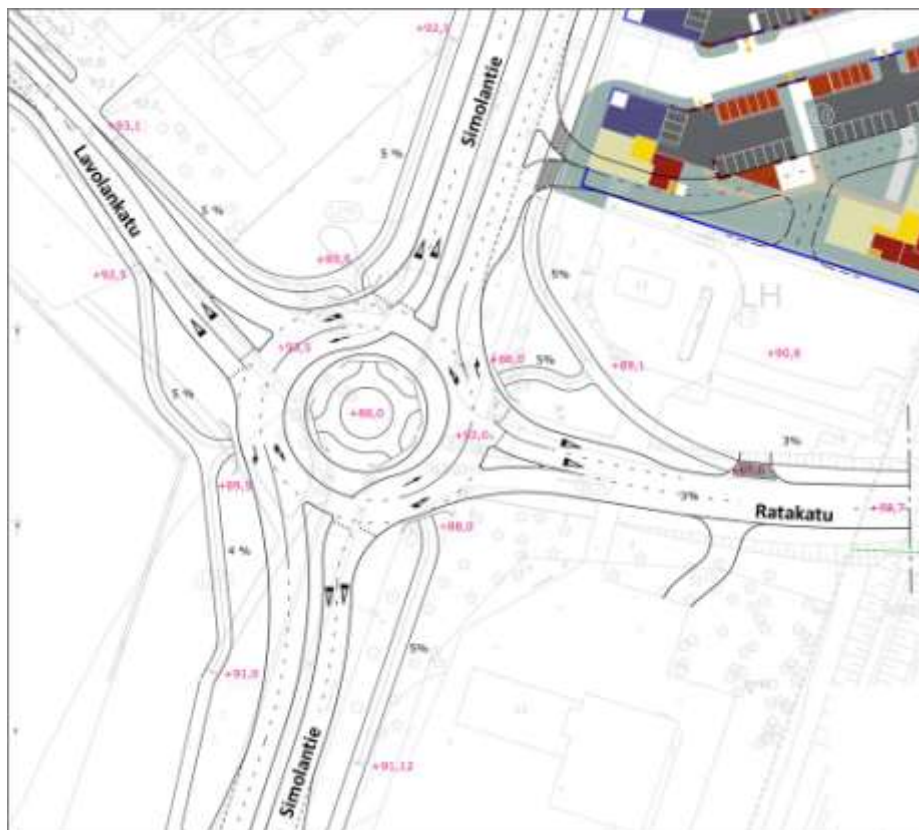
Katuverkosta luotiin aluksi hyvin suppea luonnos, jossa toimenpiteitä kohdistui lähinnä simulointien osoittamiin ongelmakohtiin. Koska oli kuitenkin selvää, että verkko ei nykytilassaan tai kevyillä toimenpiteillä vastaa modernin kauppakeskusympäristön vaatimaa tasoa, päätettiin alueesta luoda myös tulevaisuuden kannalta kestävä vaihtoehto (kuva 12).



Kuva 12. CASE-kohteen katusuunnitelma.

6.1 Simolantien turbo-kiertoliittymä

Simolantiella Lavolankadun ja Ratakadun liittymään suunniteltu turbo-kiertoliittymä toteutettiin katusuunnitelman tasolla hyvin pitkälti samanaikaisena kuin mitä simuloinneissakin oli havainnollistettu. Kevyen liikenteen väylien osalta päädyttiin esittämään kiertoliittymän alittava järjestelmä, jonka avulla suojateitä ei tarvita ja näin ollen liikenteen sujuvuus ja ennen kaikkea kevyen liikenteen turvallisuus paranee huomattavasti. Haasteelliseksi osoittautuivat esteettömyysvaatimukset ($\pm 5\%$) täyttävien kaltevuuksien saavuttaminen etenkin Ratakadun puoleisilla osuuksilla. Kiertoliittymän itäpuolella sijaitsevan junaradan alituksesta johtuen Ratakatu nousee jyrkästi liittymään tultaessa minkä lisäksi Ratakadun pohjoispuolella sijaitsevalle tontille täytyi säilyttää ajoyhteys. Kuvassa 13 on esitettyä Simolantien kiertoliittymä kevyen liikenteen väylineen, alikulkuihin sekä tonttirajoineen.

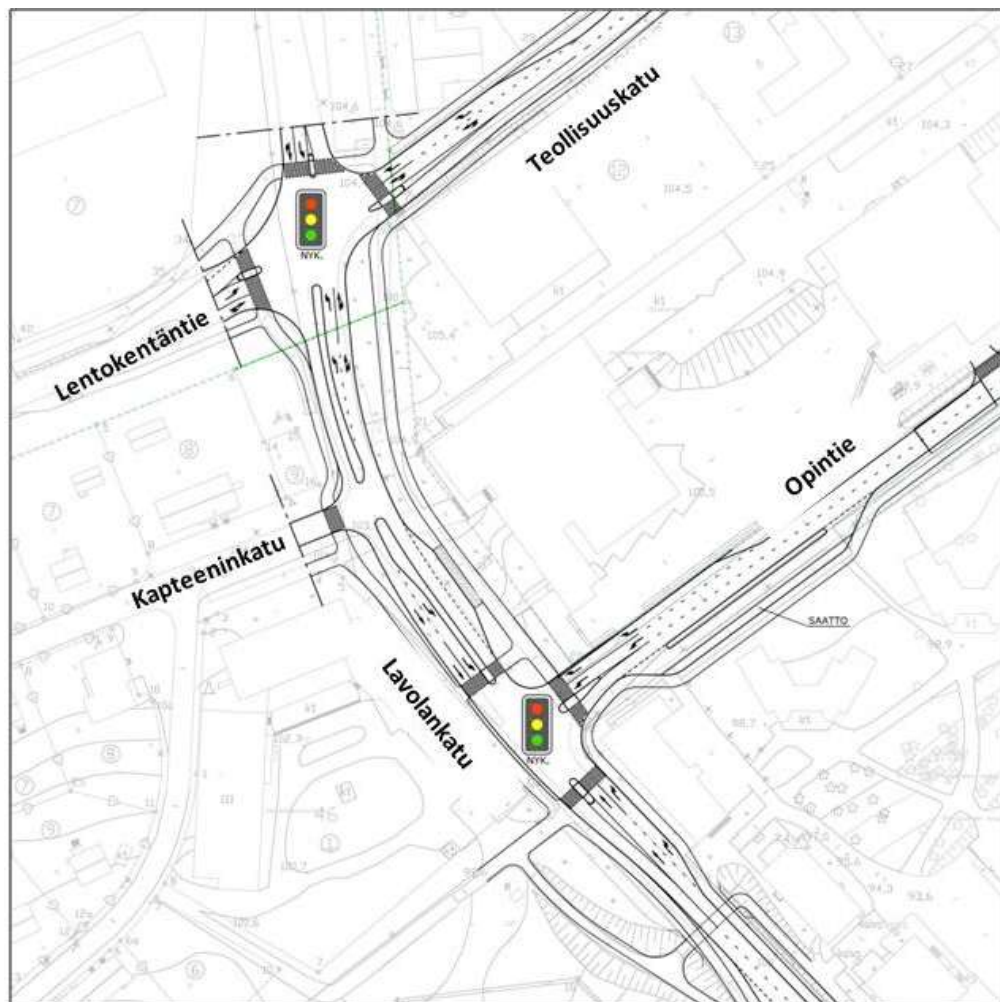


Kuva 13. Simolantien, Lavolankadun ja Ratakadun nykyisen valoliittymän tilalle suunniteltu turbo-kiertoliittymä.

Kyseisen tontin maankäyttö ei ole vielä ratkennut, mutta todennäköisenä vaihtoehtona kylmäaseman tilalle rakennetaan pienialaista kaupan toimintaa, esimerkiksi lähikauppa. Simuloinneista poiketen myös Simolantielta tulee olla ajoyhteys kyseiselle tontille, kuten myös tontin pohjoispuolella sijaitsevalle asuin-/toimistorakennus alueelle.

6.2 Lavolankadun järjestelyt

Nykytilassaan Lavolankatu ei vastaa sitä laatutasoa, jota kauppakeskuksen tuoma runsas lisäliikenne vaatii. Lavolankadun pohjoispuolella sijaitsevaa linja-autopysäkkiä esitetään siirrettäväksi lähemmäs Opintien liittymää, jonka järjestelyihin kiinnitettiin erityistä huomiota alueen jatkosuunnittelussa. Pysäkin tämän hetkinen sijainti aivan autokaupan tonttiliittymän tuntumassa on turvaton sekä epäkäytännöllinen. Suojatiet tulee toteuttaa keskisaarekkeellisina ja eteläisen linja-autopysäkin viereen ehdotetaan alikulkua Lavolankadun pohjoispuolella sijaitsevan koulun oppilaiden turvallisen koulumatkan varmistamiseksi. Keskisaarekkeilla alueelle saadaan modernia ja viihtyisää ilmettä sekä lisätään oleellisesti jalankulkijaturvallisuutta. Kuvan 14 mukaisilla järjestelyillä Lavolankadun turvallisuus ja liikenteellinen toimivuus saadaan paremmaksi sekä selkeillä, riittävän leveillä keskisaarekkeilla myös nykyaikaiseksi.



Kuva 14. Kuvassa Lavolankadun esitetyt järjestelyt Opintien ja pohjoisessa sijaitsevan Teollisuuskadun välillä.

6.3 Kivenkatu

Kivenkadun katusuunnitelmassa tehtiin jonkin verran muutoksia simuloinnissa käytettyihin järjestelyihin verrattuna. Kauppakeskusten valo-ohjattu sisäänajoliittymä esitetään simuloinnin mukaisin järjestelyin lukuun ottamatta valoliittymän ja kiertoliittymän väliä, josta poistettiin yksi kaista molemmilta suunnilta. Katuosuudelle lisättiin keskisaareke sekä toinen sisäänajo Kivenkadun idän puoleiselle tontille Teollisuuskadun ja Kivenkadun kiertoliittymästä. Toinen ajoyhteys itäisen kauppakeskuksen pysäköintialueelle mahdollistaa liikenteen tasaisemman jakautumisen Kivenkadulla ja lyhyen liittymävälin tuomaa ruuhkautumisherkkyyttä saadaan helpotettua. Ratkaisua ei tarkasteltu enää uusilla simuloinneilla, mutta koska suuri osa poistuvasta liikenteestä suuntautuu etelään, toimenpide on perusteltu. Samoin pohdittiin kiertoliittymän korvaamista valoliittymällä, jolloin valojen yhteenkytkennällä voitaisiin myös saavuttaa hyvä toimivuus ja tilanvaraus olisi pienempi. Valo-ohjauksen suunnittelu Teollisuuskadun ja Kivenkadun liittymään jätettiin kuitenkin jatkosuunnitteluun. Kuvassa 15 on esitettyä Kivenkadulle esitetyt järjestelyt.



Kuva 15. Kivenkadun esitetyt parannustoimenpiteet.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alkuvaiheessa kävi nopeasti selväksi, että Lappeenrannan kaupungin tekemän viitesuunnitelman järjestelyihin joudutaan kohdistamaan toimenpiteitä. Osittaisena syynä tähän oli Kivenkadun ympäristön maankäyttö, jota ei viitesuunnitelmavaiheessa vielä huomioitu. Tilanvarausten havaittiin tulevan muuttumaan myös Simolantiellä johtuen Opintien liittymään suunnitellun kiertoliittymän korvaamisella valo-ohjatulla liittymällä.

Simulointi osoittautui hyvin nopeasti tehokkaaksi tavaksi ongelmakohtien paikantamiseen, mutta Lavolankadulla viitesuunnitelman mukaisessa katuverkossa havaittiin myös ylimitoitusta. Lavolankadulta Puhakankadulle suunniteltu oikealla kääntyvä ryhmittymiskaista ei tuonut simuloinnissa merkittävää vaikutusta liikenteen sujuvuuteen. Tilaajaosapuolen suunnalta simuloinnit todettiin erittäin havainnollisiksi ja ehdotetut toimenpiteet perustelluiksi.

Liikennesuunnittelun näkökulmasta simulointitarkasteluihin tulee aina suhtautua hyvin suuntaa-antavasti sillä mitoituksen ja katuverkon todellisen rakenteen kannalta simulointimallit antavat vain karkealla tasolla olevan vähimmäisvaihtoehdon, jolla liikenne saadaan sujuvaksi. Siinä missä lähtötietoina saadut pohjakartat ja liittymien sijainnit toimivat simulointien osalta tilanteena, jota lähdetään kehittämään, toimivat simulointimallit vastaavanlaisena lähtötilanteena liikennesuunnittelussa. Etenkin liikenneturvallisuuden ja katualueen viihtyisyyden näkökulmaa joudutaan pohtimaan huolellisesti vasta tarkemman tason katusuunnittelussa. Myös tilaajan kanssa on aina syytä keskustella simulointimallien eroista verrattuna todelliseen katuverkon palvelutasoon.

LÄHTEET

Liikennevirasto. 2012. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2012. Liikenteen välityskykytarkastelukäytännöt. Viitattu 11.3.2013
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-37_liikenteen_valityskyky_web.pdf

Quadstone Paramics. 2013. Quadstone Paramics help. Ohjelmaversio 6.9.2.

Tiehallinto. 2003. Tiehallinnon selvityksiä 28/2003. Liikennetekninen mallintaminen - nykytila, kehityssuunnat ja mahdollisuudet. Viitattu 15.3.2013.
http://alk.tiehallinto.fi/s12/htdocs/photo/julkaisut/paivitys12_03/320081liikennetknmallintam.pdf

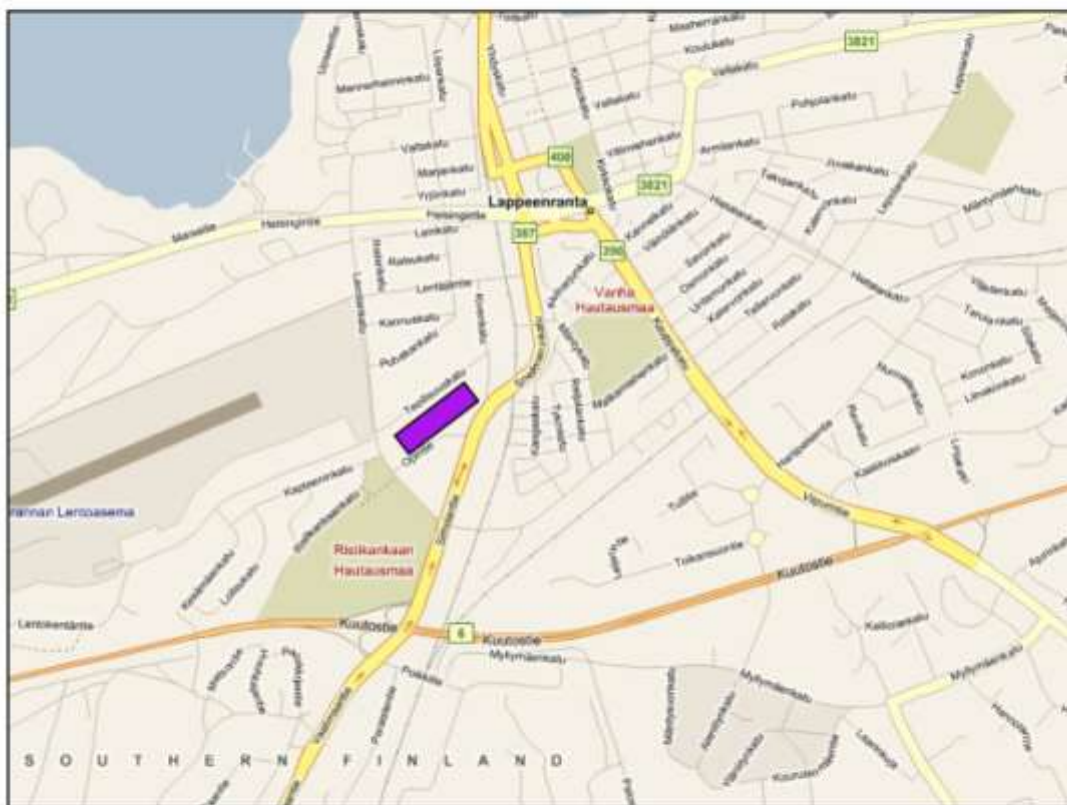
Tiehallinto. 2007. Tiehallinnon selvityksiä 55/2007. Tieliikenteen palvelutason määrittäminen. Viitattu 15.3.2013.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201080-vtieliikent_palvelutason_maarittam.pdf

Ympäristöministeriö. 2008. Suomen ympäristö 27/2008. Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa. Viitattu 9.4.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=89856&lan=fi>

HAASTATTELUT

Nevala, R. 2013. Trafex Oy. Haastattelu 15.3.2013.

Lappeenrannan kauppakeskus



Toimivuustarkastelu 1.4.2009



Nykytilanne ja Toimivuustarkastelun lähtökohdat

Lappeenrantaan suunnitellaan uutta kauppakeskusta Simolantien, Kivenkadun, Opintien ja Teollisuuskadun rajaamalle alueelle nykyisen Prisman eteläpuolelle. Kauppakeskukseen tulee noin 40 000 kerrosneliömetriä toimitilaa. Tämä vastaa kokoluokaltaan laajennettua Lappeenrannan Prismaa.

Kauppakeskuksen maankäytön aiheuttaman lisäliikenteen arvioitiin olevan enimmillään lauantaina klo 12-15. Kuitenkin pääkatuverkon toimivuuden varmistamiseksi tarkasteluajankohdaksi valittiin perjantai-ilta, jolloin katuverkolla on sekä työmatka- ja kaupan asiakasliikenteen yhteisvaikutuksen takia huippuliikennetilanne. Kauppakeskuksen tuottaman liikenteen arvioitiin olevan tarkastelutilanteessa 1000 ajoneuvoa sisään sekä ulos. Tämä vastaa 1875 autopaikan 80 % käyttöastetta 90 minuutin keskimääräisellä viipymällä.

Lähiverkon liikennemäärät arvioitiin Lappeenrannan ydinkeskustan osayleiskaavan liikennesuunnitelman 5.10.2005 päivätyn liikennemallin sekä kolmen liittymän liikennevalojen ilmaisineläskentojen ja Simolankadun/Ratakadun liittymän käsinlaskettujen liikennemäärien perusteella. Liikennemallin nykytilanteen liikennemääriin lisättiin Prisman laajennuksen sekä uuden kauppakeskuksen synnyttämä lisäliikenne EMMÉ3 ohjelmistolla. Tarkastelu tehtiin Synchro studio 7 ohjelmistolla.

Toimivuustarkastelussa oli pääpaino uuden kauppakeskukseen välittömästi liittyvässä katuverkossa ja tonttiliittymissä, mutta myös kauppakeskusta ympäröivää verkkoa tarkasteltiin toimivuuden varmistamiseksi.

Liikenneverkko ja kauppakeskuksen pysäköintialueet mallinnettiin suunnitelmapiirustusten (luonnos Haantio 2.3.2009) mukaisena siten, että Kivenkadun liittymä toteutettiin suuntaisliittymänä. Seuraavassa kuvassa on esitetty tarkastelun liikennejärjestelyt, liikennemäärät suunnittain sekä kauppakeskuksen liikennetuotokset jaettuina eri sisään- ja ulosajoyhteyksille.

Kauppakeskuksessa asioivan liikenteen suuntautumisen vaikutusta suunnitelmien toimivuuteen tutkittiin muutamilla toisistaan hieman poikkeavilla skenaarioilla sekä kasvattamalla liikennemääriä tasaisesti 10 %. Kuvan 1 liikennemäärät kuvaavat perustilannetta, jonka arvioitiin vastaavan parhaiten todellisuutta.



Kuva 1. Tarkastelun liikennemäärät ja järjestelyt

Tarkastelun tulokset

Suunnitelmaluonnosten mukaisten pysäköintialueiden välitön liikenneverkko toimii tarkastelun perusteella hyvin tarkastelun liikennetilanteessa. Millekään pysäköintialueiden ulos- tai sisäänajosuunnille ei kerry pitkiä jonoja eikä valo-ohjaukselle ole niissä tarvetta. Tämä on pitkälti useiden sisään- ja ulosajoyhteyksien ansiota. Myös kauppakeskusta ympäröivän alueen (Simolankadun sekä Lavoilankadun) liittymät toimivat hyvin. Seuraavissa kuvissa 2 - 4 esitetään verkon jonopituudet, liittymien käyttöasteet sekä viivyytykset suunnittain.

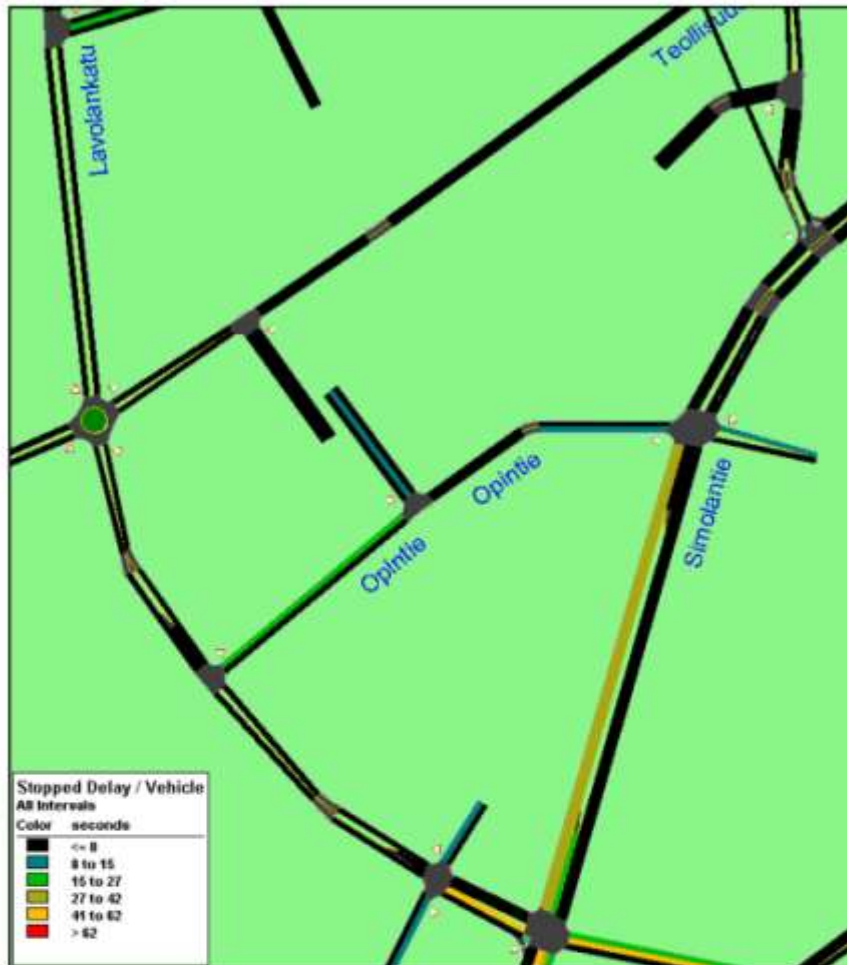


Kuva 2. Jonopituudet verkolla



Kuva 3. kapasiteetin käyttöasteet liittymittäin ja suunnittain (Lavolankadun ja Teollisuuskadun liittymä on merkitty keltaiseksi, koska toimivuusongelmaa ei havaittu vaikka laskennallinen käyttöaste onkin Synchron mukaan 84%)

Liittymien värikoodien selite		
Käyttöaste	Toimivuus	Palvelutaso
< 60 %	Liikenne on sujuvaa Hyvin pieniä viiveitä	A – B
60 % - 73 %	Liikenne melko sujuvaa Viiveet 15 - 30 s	B - C
73 % - 82 %	Liittymä toimii välttävästi yli 30 s viiveitä	D
> 82 %	Liittymässä yli minuutin viiveitä Liikenne jonoutuu	E - F



Kuva 4. liittymien ajoneuvokohtaiset viivytykset

Riskit ja suositukset

Suurin riski verkon toimivuudelle on Simolantien ja Lavolankadun liittymässä. Liittymään lisättiin vapaa oikea Lavolankadulta oikealle (etelään) kääntyvälle suunnalle, koska jonopituudet ylsivät tunnin tarkastelujaksolla Opintien liittymään. Vapaan oikean lisääminen auttoi liittymän toimivuutta huomattavasti ja mahdollistaa sen toimivuuden vuosiksi eteenpäin. Tämä toimenpide on hyvin suositeltava toteuttaa kauppakeskuksen rakentamisen yhteydessä.

Vapaan oikean kanssa liittymän palvelutasoluokka on Synchron mukaan D eli liittymän aiheuttama viivytys ajoneuvoa kohti on keskimäärin 35 – 55 sekuntia. Sen laskennallinen käyttöaste on 80 %. Palvelutason yhteyttä liittymän kapasiteettiin ja viiveisiin kuvataan taulukossa 1.